



**FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA**

Departamento de Engenharia Electrotécnica

Sistema de Apoio à Navegação baseado em Automatic Identification System

Jorge Rodrigo Marreiros Duarte Elias, nº 22707

Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e Computadores

Orientador Científico: Prof. Dr. José Manuel Fonseca

Dezembro 2010

Agradecimentos

Ao meu Orientador, Prof. Dr. José Manuel Fonseca, pelo conhecimento transmitido, pela disponibilidade e amizade, e pela oportunidade que me deu para abordar esta temática.

Ao Eng. André Mora e Eng. Carlos Figueira por toda a ajuda e apoio que me deram na elaboração do projecto.

Ao Cmdt. Pedro Pata e ao Cmdt. António Ferreira pela disponibilidade e acompanhamento que me deram em todas as visitas à Transtejo e Soflusa.

Ao Eng. Manuel Meira por ter criado a oportunidade, através da parceria com a Transtejo e Soflusa, para criar este projecto.

Ao Instituto Hidrográfico da Marinha por ter compilado e disponibilizado a Carta Náutica do Porto de Lisboa em formato digital.

A todos os meus colegas do curso de Engenharia Electrotécnica e Computadores pelo espírito de equipa que partilharam.

Aos Núcleos Académicos por serem uma fonte de criatividade, multidisciplinaridade, e de partilha de conhecimentos.

Ao Mar.

Ao meu irmão e aos meus amigos por me darem aquela força quando precisava.

E especialmente, aos meus pais, por me terem aturado, terem dado uma educação tão boa e todo o apoio,

Os meus mais sentidos agradecimentos

Resumo

A segurança marítima é indispensável para as embarcações de transporte de mercadorias e de passageiros devido ao intenso tráfego e aos perigos inerentes ao mar.

Este projecto nasceu da necessidade da TRANSTEJO e SOFLUSA terem a bordo dos navios de transporte de passageiros da sua frota um sistema de apoio à navegação e em terra uma ferramenta que ajude à gestão da frota.

Foram desenvolvidas duas aplicações para cumprir com os objectivos pretendidos: o **SINAIS**, sistema de apoio à navegação de bordo que serve para a monitorização da viagem e registo de dados de viagem; o **MAIS**, uma ferramenta de monitorização do tráfego marítimo e análise dos registos de viagem. Ambas as aplicações recolhem os dados de navegação a partir do sistema de partilha de informações náuticas *Automatic Identification System*. Foi ainda desenvolvida uma aplicação de suporte, o Calibrador de Mapas, para referenciar geograficamente e preparar as cartas náuticas para o **SINAIS** e para o **MAIS**.

O **SINAIS** foi instalado num navio da Soflusa, tendo-se verificado ser um importante complemento aos restantes equipamentos de bordo. O **MAIS** foi testado como ferramenta de gestão de frotas pela Soflusa e Transtejo. Ambas as aplicações permitem o aumento da segurança marítima nas embarcações.

Palavras Chave:

Navegação, Sistema Automático de Identificação, Segurança Marítima, Apoio à Navegação, Cartas Náuticas

Abstract

Maritime safety is indispensable for carrier and passenger ships due to heavy traffic and the hazards of the seas.

This project was launched to respond to a request by two companies, TRANSTEJO and SOFLUSA. Their passenger ships need to take a navigation support system on board, as well as to utilize a tool to aid their fleet management ashore.

Two applications were developed in order to comply with the required objectives: **SINAIS**, which is an on-board navigation support system that deals with monitoring travel and recording travel data; **MAIS**, a tool that monitors maritime traffic and analyzes travel records. Both applications collect the travel data from the nautical information sharing system Automatic Identification System. A support application, Map Calibrator, was also developed to georeference and make the nautical maps suitable for **SINAIS** and **MAIS**.

SINAIS was installed on a SOFLUSA ship and proved to be an important complement to its equipment. **MAIS** was tested as a tool for fleet management by SOFLUSA and TRANSTEJO. Both applications have contributed to enhance maritime safety on navigation.

Key words:

Navigation, Automatic Identification System, Maritime Safety, Navigation Support, Navigational Charts

Lista de Acrónimos

AIS	Automatic Identification System
ARPA	Automatic Radar Plotting Aid
COG	Course Over Ground
DGNSS	Differential Global Navigation Satellite System
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System
ECS	Electronic Chart System
ENC	Electronic Navigational Chart
GLONASS	Global Orbiting Navigation Satellite System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
IHO	International Hydrographic Organization
IMO	International Maritime Organization
MMSI	Maritime Mobile Service Identity
NMEA	National Marine Electronics Association
NNSS	Navy Navigation Satellite System
RCDS	Raster Chart Display System
ROT	Rate Of Turn
SENC	System Electronic Navigational Chart
SOG	Speed Over Ground
SOTDMA	Self-Organizing Time Division Multiple Access
SV	Space Vehicle
UE	União Europeia
VTs	Vessel Traffic Service

Índice

Agradecimentos	2
Resumo	3
Abstract	4
Lista de Acrónimos	5
Índice	6
Índice de Figuras	8
Índice de Tabelas	9
1 Introdução	10
1.1 Motivação	10
1.2 Objectivos	11
1.3 Contribuições	11
2 Estado da Arte	12
2.1 Fugawi Marine ENC Ver 4.5	12
2.2 MaxSea Time Zero	13
3 Fundamentos Teóricos	15
3.1 Navegação Orientada por Satélite	15
3.1.1 Global Positioning System (GPS)	16
3.2 Norma de Comunicação de Equipamentos de Bordo - NMEA 0183	18
3.3 Cartas Electrónicas	21
3.3.1 Cartas <i>Raster</i> (Digitalizadas)	22
3.3.2 Cartas Vectoriais	23
3.4 Sistemas para Cartas Electrónicas	26
3.4.1 <i>Electronic Chart Display and Information System</i> (ECDIS)	26
3.4.2 <i>Raster Chart Display System</i> (RCDS)	29
3.4.3 <i>Electronic Chart System</i> (ECS)	30
3.5 Automatic Identification System (AIS)	30
3.5.1 Como Funciona	32
3.5.2 Mensagens de AIS	33
4 Sistema Desenvolvido	42
4.1 Arquitectura do Sistema	42
4.2 Classes Comuns	43
4.3 SINAIS	45
4.3.1 Descrição	45
4.4 MAIS	49
4.4.1 Descrição	49

4.5	Calibrador de Cartas	52
4.5.1	Descrição	52
4.5.2	Calibração	52
4.6	Cartas Náuticas Utilizadas	55
4.7	Tecnologia Utilizada	56
4.7.1	Hardware	56
4.7.2	Software	56
5	Conclusões	58
5.1	Avaliação do Sistema	58
6	Referências	60
Anexos		62

Índice de Figuras

FIGURA 2.1 – VISUALIZAÇÃO DE MAPAS EM 3D	12
FIGURA 2.2 – SOBREPOSIÇÃO DA INFORMAÇÃO METEOROLÓGICA SOBRE A CARTA NÁUTICA.	13
FIGURA 2.3 - CAPTURA DE ECRÃ DO MAXSEA TIME ZERO [2]	14
FIGURA 3.1.1 - COBERTURA DOS SATÉLITES GPS. 24 SATÉLITES GARANTEM COBERTURA GLOBAL. 4 EM CADA DOS 6 PLANOS ORBITAIS [5]	17
FIGURA 3.2 - UTILIZAR COORDENADAS CARTESIANAS PARA DETERMINAR POSIÇÃO CENTRADA NA TERRA [5]	18
FIGURA 3.3 – ENC EM VÁRIOS GRAUS DE DETALHE	25
FIGURA 3.4 – DIAGRAMA DE BLOCOS DE UM ECDIS [5]	27
FIGURA 3.5 – ALOCAÇÃO DOS ESPAÇOS TEMPORAIS(SLOTS) NA COMUNICAÇÃO ENTRE ESTAÇÕES DE AIS [13]	33
FIGURA 3.6 – ALGORITMO PARA CONVERTER CARÁCTER ASCII EM CÓDIGO BINÁRIO 6 BITS [15]	40
FIGURA 3.7 – EXEMPLO DE INTERPRETAÇÃO DE MENSAGEM VDM [15]	41
FIGURA 4.1 – ESTRUTURA DA ARQUITECTURA MVC	42
FIGURA 4.2 – SINAIS EM MODO DIURNO	45
FIGURA 4.3 - SINAIS A ALERTAR QUE O NAVIO ESTÁ A NAVEGAR EM ZONA RESTRITA	46
FIGURA 4.4 - SINAIS EM MODO NOCTURNO. USA UM ESQUEMA DE CÔR QUE EVITA EXCESSO DE LUZ NA PONTE	47
FIGURA 4.5 – CONTORNO DO NAVIO COM AS DIMENSÕES À ESCALA. APENAS VISUALIZADA COM ESCALAS ELEVADAS.	47
FIGURA 4.6- ARQUITECTURA DO SINAIS	48
FIGURA 4.7 - JANELA PARA EXTRACÇÃO DOS REGISTOS DE MENSAGENS DE AIS	49
FIGURA 4.8 - COMUNICAÇÃO DOS REGISTOS DE NAVEGAÇÃO ENTRE APLICAÇÕES	49
FIGURA 4.9 - ANÁLISE DAS ROTAS DOS NAVIOS "ALMEIDA GARRETT" E "FERNANDO NAMORA"	50
FIGURA 4.10 - TRAÇADO DAS VIOLAÇÕES PELO NAVIO "DAMIÃO DE GOES". ANÁLISE DA OCORRÊNCIA ÀS 6:40:08.	51
FIGURA 4.11 - REPRODUÇÃO DAS ROTAS EFECTUADAS PELOS 4 NAVIOS PRESENTES NA CAIXA "SHOWING"	51
FIGURA 4.12- CALIBRADOR DE MAPAS. DETERMINAÇÃO DOS PONTOS DE REFERÊNCIA GEOGRÁFICA	52
FIGURA 4.13 - RECTÂNGULO DE REFERENCIAÇÃO SOBRE A CARTA NÁUTICA	53
FIGURA 4.14 – CARTA NÁUTICA DIURNA COM AS MÁSCARAS DE ZONAS DE NAVEGAÇÃO E DE LIMITES DE VELOCIDADE SOBREPOSTAS	54
FIGURA 4.15 - CARTA NÁUTICA DIURNA COM AS MÁSCARAS DE ZONAS DE NAVEGAÇÃO E DE LIMITES DE VELOCIDADE SOBREPOSTAS	54
FIGURA 4.16 – MÁSCARAS UTILIZADAS PARA VERIFICAR A OCORRÊNCIA DE ALERTAS	55
FIGURA 4.17 - CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA DE APOIO À NAVEGAÇÃO SINAIS	56
FIGURA 5.1 – SINAIS INSTALADO NO “ALMEIDA GARRETT”	59

Índice de Tabelas

TABELA 3.1 – INTERVALO DE MENSAGENS NOMINAL PARA AIS DE CLASSE A [10].....	31
TABELA 3.2 – DESCRIÇÃO DAS PRINCIPAIS MENSAGENS TRANSMITIDAS POR AIS [10]	34
TABELA 3.3 – CÓDIGO BINÁRIO DE 6 BITS CORRESPONDENTE COM O CARÁCTER ASCII [15]	39

1 Introdução

1.1 Motivação

A navegação marítima teve um papel importante e fulcral no progresso da civilização. Os Fenícios (1550 a.c. a 300 a.c.) foram os pioneiros que viram no mar uma forma de espalhar a sua influência e de criar uma cultura comercial marítima empreendedora que se espalhou por todo o Mediterrâneo, tendo passado pelo estuário do Tejo, pela antiga cidade de Lisboa. Para a História de Portugal, o mar foi o caminho para o seu momento mais áureo, aquando das Descobertas, onde foi redefinida a maneira como o Homem via o mundo e que permitiu a Portugal espalhar a sua cultura pelos sete mares.

Actualmente, a navegação marítima tem um papel predominante nas trocas comerciais, onde a maior parte das matérias primas e produtos que consumimos são transportados por via marítima. Também tem um papel importante em termos de transporte de passageiros em cidades costeiras, separadas por rios, ou nas margens de lagos. O Homem também vê no mar uma fonte de prazer, tendo nas embarcações de lazer um meio de contacto com o Mar e com o seu vasto e misterioso meio natural, dando-lhe uma única e desafiante sensação de liberdade. Por todas estas razões, o tráfego marítimo tornou-se cada vez mais intenso. Sendo os mares um meio sempre imprevisível e perigoso, foi necessário regulamentar a nível internacional as leis marítimas para tornar a navegação mais segura.

Os meios tecnológicos actuais vieram aumentar a segurança e facilitar a orientação marítima. Tecnologias como os sistemas de posicionamento global, como o GPS, que permitiu ao homem através de uma constelação de satélites artificiais, orientar-se como os nossos antepassados se guiavam pelas constelações de estrelas, mas com uma precisão muito maior. Outras tecnologias, como os sistemas integrados de ponte ou o *Automatic Identification System*, vieram dar uma segurança e percepção situacional muito maior, dando ao navegador acesso a sistemas de informação muito completos.

Actualmente, o tráfego marítimo no estuário do Tejo tem uma grande intensidade, tanto de embarcações comerciais, como de transporte marítimo ou de recreio. Como a topografia subaquática tem um perfil complexo, com muitos baixios, a navegação tem de ser feita dentro dos canais de navegação mantidos pelo Porto de Lisboa. Para tornar a navegação ainda mais complexa, as condições meteorológicas tornam a navegação ainda mais difícil diminuindo a visibilidade dos mestres de embarcação e também de alguns equipamentos de apoio.

Para aumentar a segurança marítima e para prevenir acidentes com os acidentes topográficos ou entre embarcações, e para averiguar a responsabilidade na ocorrência de um incidente, o grupo de transportes marítimos do rio Tejo, Transtejo e Soflusa, teve a necessidade de ter à disposição ferramentas que viessem aumentar a segurança marítima da sua frota de navios. Para desenvolver este projecto, a Transtejo e a Soflusa formaram uma parceria com a Faculdade de Ciências e Tecnologia, para desenvolver um sistema de apoio à navegação que utilizasse o AIS, *Automatic Identification System*, Sistema de Identificação Automática, como fonte das informações dos navios.

1.2 Objectivos

O principal objectivo é criar um sistema de apoio à navegação que permita ao utilizador uma maior percepção situacional da navegação marítima. Como as condições atmosféricas podem ser imprevisíveis, podendo tornar irrelevantes certos equipamentos a bordo, como no caso em que o radar fica “cego” em caso de chuva ou mar picado, o intenso tráfego a que as embarcações estão sujeitas, e as condições hidrográficas, este sistema tem de servir como um complemento para uma navegação segura. O sistema é apoiado no sistema de informação náutica *Automatic Identification System*, AIS, para poder recolher os dados náuticos das embarcações equipadas com AIS. Pretende-se igualmente que seja feita uma recolha eficaz e contínua dos dados de navegação da própria embarcação. O sistema tem de ser capaz de lançar alertas no caso da segurança da navegação estar em causa. Os dados de navegação têm de ser dispostos de uma forma textual e visual, numa carta náutica digital. Todos os dados recolhidos a partir do AIS têm de ser registados, para se poder averiguar as causas de um possível acidente e assim prevenir incidentes futuros, para que a navegação possa ser cada vez mais segura.

Para tal, foi preciso desenvolver 2 aplicações principais:

- **Sistema de Monitorização de Bordo – SINAIS**
- **Sistema de Monitorização Costeira – MAIS**

1.3 Contribuições

Este projecto nasceu a partir da parceria entre a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Lisboa e o grupo de transportes marítimos que opera no estuário do rio Tejo, Transtejo e Soflusa, para criar um sistema que viesse aumentar a segurança marítima da sua frota de navios.

Para o desenvolvimento do projecto, o Instituto Hidrográfico da Marinha, a entidade que elabora oficialmente as cartas náuticas do espaço marítimo português, disponibilizou reproduções digitais das cartas náuticas que abrangem o Porto de Lisboa.

2 Estado da Arte

Actualmente, os sistemas de apoio à navegação têm um mercado muito abrangente e também se focam nos barcos de lazer. Num público muito mais abrangente que o das embarcações de grande dimensão com sistemas de ponte integrado, abre-se a porta para uma maior competitividade que dá acesso a soluções com uma interactividade inovadora.

2.1 Fugawi Marine ENC Ver 4.5

Esta aplicação de planeamento e monitorização de navegação tem características comuns a um ECS, *Electronic Chart System*. Possibilita a leitura de vários tipos de carta, desde as cartas vectoriais ENCs oficiais, que obedecem à norma IHO S-57, às cartas raster RNC oficiais, assim como cartas produzidas pela própria Fugawi ou por empresas concorrentes. Está preparada para ser executada num PC, planear rotas, ou ler rotas planeadas noutros dispositivos, como num navegador de GPS. Também integra a informação adquirida por uma estação de AIS, dispondo-a visualmente.

Mas as características que se revelam apelativas são referentes às opções de visualização e de interactividade, tais como a possibilidade de visualizar a carta náutica em 3D, dando a possibilidade de voar pela carta numa simulação mais realista, ou para ajudar o pescador a achar o melhor lugar para pesca (Figura 2.1).

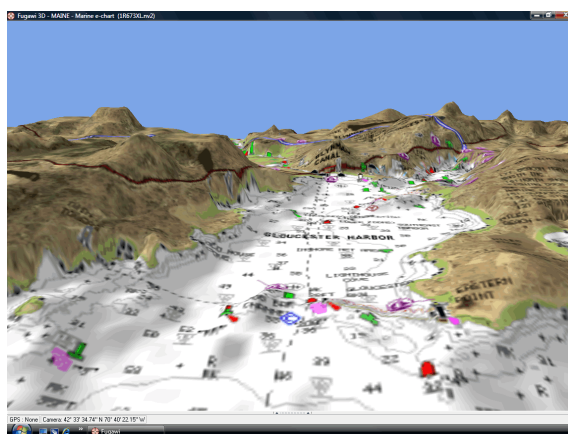


Figura 2.1 – Visualização de mapas em 3D

Outras das opções é a possibilidade de sobrepôr o traçado de ruas e os seus nomes da zona costeira nas cartas náuticas, ou a sobreposição de cartas meteorológicas integrando ficheiros GRIB, como se pode ver na Figura 2.2.

Uma das funcionalidades mais interessantes a nível comercial e que possibilita uma maior versatilidade é a possibilidade de visualizar as cartas náuticas com as rotas já planeadas através do iPhone usando o Fugawi iMap [1].

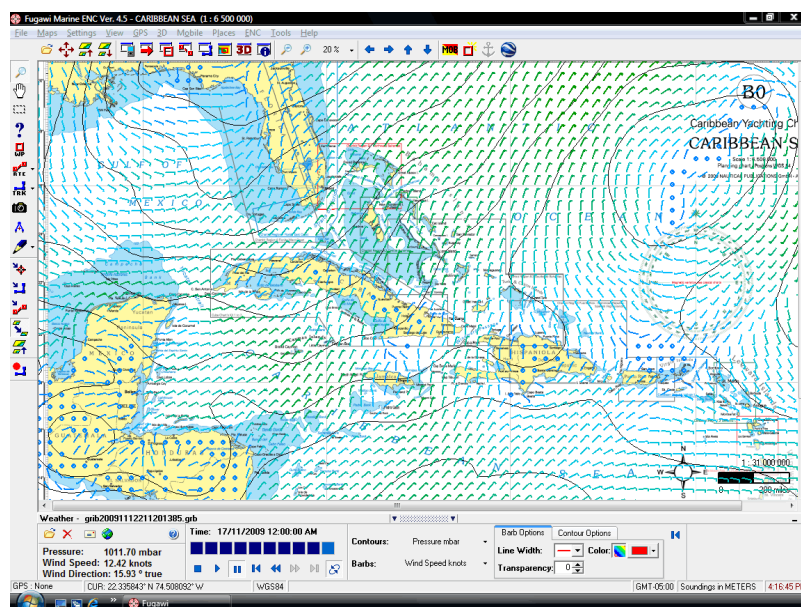


Figura 2.2 – Sobreposição da informação meteorológica sobre a carta náutica.

2.2 MaxSea Time Zero

Este software criado por uma empresa francesa tem todas as funcionalidades presentes num ECDIS. Como características diferenciadoras, tem uma apresentação das cartas náuticas electrónicas em 3D, que possibilita uma navegação pela carta rápida e fluida. Como se pode ver no Capítulo 3.3.2.1, as ENC são constituídas por um conjunto de células referentes a diferentes áreas geográficas. Na aplicação da MaxSea, quando se navega pela carta, mesmo quando existe uma mudança de célula na ENC, a aplicação consegue manter uma experiência de visualização fluida, não conseguida noutras aplicações de navegação.



Figura 2.3 - Captura de Ecrã do MaxSea Time Zero [2]

Como outras funcionalidades, ainda possibilita a integração de dados meteorológicos e oceanográficos, a integração de dados do AIS e ARPA, a fusão de imagem de satélites por cima da carta, para possibilitar uma experiência mais realista do panorama costeiro, e um interface com o utilizador muito simples, sem menus, como se pode ver na captura do ecrã na Figura 2.3 [3].

3 Fundamentos Teóricos

Neste capítulo serão abordados os Fundamentos Teóricos e as normas mais importantes para o desenvolvimento das aplicações.

3.1 Navegação Orientada por Satélite

Quando foi lançado o primeiro satélite orbital artificial pela URSS, o Sputnik 1 em 1958, foi constatado que era possível determinar a localização e a órbita exacta a partir da mudança na frequência do sinal de telemetria devido ao Efeito de Doppler. Foi verificado que a situação inversa também podia ser verificada, ou seja, caso se conhecesse a posição e a órbita exacta do satélite de antemão, era possível saber a localização na superfície terrestre de onde estava a ser recebido o sinal [4]. A partir destas observações, foram dados os primeiros passos para elaborar um sistema de localização a partir de satélites, conhecido como *Global Navigation Satellite System*, GNSS.

No início da década de 1970, os EUA desenvolveram um sistema de localização por satélite, o *Navy Navigation Satellite System*, NNSS, mais conhecido por *Transit*, inicialmente para fins militares. Este utilizava o efeito de Doppler para determinar a localização exacta, onde era preciso apenas um satélite para conseguir-se uma localização. A 31 de Dezembro de 1996 esta tecnologia deixou de ser utilizada em detrimento do *Global Positioning System*, GPS [5], que necessitava de utilizar pelo menos 4 satélites para definir uma posição, mas dando a possibilidade de fornecer a localização em tempo real a 3 dimensões, em latitude, longitude e altitude, com uma exactidão muito maior [4].

Tal como os EUA, a URSS, em resultado da acirrada competição tecnológica impulsionada pela Guerra Fria, desenvolveu a partir do início da década de 1970 o seu próprio sistema de localização por satélite, para utilizar como sistema de navegação de armamento, o *Global Orbiting Navigation Satellite System*, GLONASS. O primeiro satélite, da constelação de 24, foi posto em órbita em 1982 e o sistema entrou em total funcionamento no início de 1996. Este sistema tem uma arquitectura semelhante ao GPS e também uma exactidão muito alta, embora ambos não sejam compatíveis [5].

Em estado final de desenvolvimento, a União Europeia, através da sua agência espacial, a ESA, *European Space Agency*, também criou o seu próprio sistema de navegação global por satélite, o Galileo, baptizado em homenagem ao célebre e revolucionário astrónomo italiano. O objectivo é as nações europeias terem um sistema de navegação por satélite independente em que possam confiar, em caso de guerra ou más relações políticas, porque tanto a Rússia como os

Estados Unidos da América podem vedar o acesso aos seus sistemas através de encriptação. Pretende-se que o Galileo tenha uma melhor precisão que o GPS e o GLONASS, e que possa ter um melhor serviço de posicionamento a altas latitudes. Ao contrário dos outros GNSS, em que o principal objectivo é militar, o Galileo é um projecto sobre controlo civil. Entretanto, outras nações juntaram-se ao projecto, tais como Israel, Ucrânia, Marrocos, Coreia do Sul e Noruega. A data esperada para o início de funcionamento do sistema de satélites europeu será no início de 2014 [6].

De seguida, será feita uma descrição mais detalhada do GPS, por ser o sistema GNSS mais usado mundialmente, e por ter sido utilizado na elaboração do projecto.

3.1.1 Global Positioning System (GPS)

Em 1973, foi formado um consórcio entre a Marinha e a Força Aérea dos EUA para desenvolver um novo sistema de navegação por satélite global para substituir o obsoleto NNSS.

O primeiro satélite de teste foi lançado em 1974 e a 27 de Abril de 1995 o Comando Espacial da Força Aérea dos EUA declarou que o GPS, também conhecido por NAVSTAR, tinha entrado em funcionamento total, vindo desta maneira substituir completamente o NNSS a 31 de Dezembro de 1996.

Para o GPS estar completamente operacional, é necessário formar uma constelação de 24 satélites, embora mais estejam em órbita para o serviço poder estar continuamente disponível. Os satélites orbitam a Terra em órbitas circulares a uma altitude de 20 200 km com uma inclinação¹ de 55°(Figura 3.1.1).

¹ A inclinação é o ângulo formado entre a extremidade oriental do plano equatorial e a órbita do satélite.

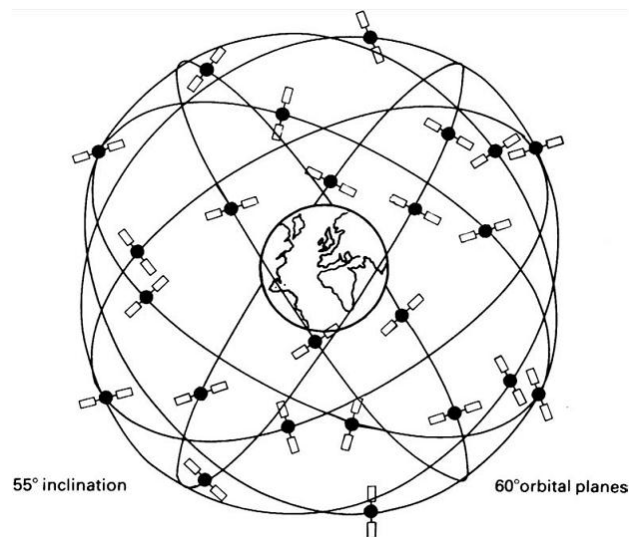


Figura 3.1.1 - Cobertura dos Satélites GPS. 24 Satélites garantem cobertura global. 4 em cada dos 6 planos orbitais [5]

Cada SV tem um período orbital de aproximadamente 12 horas. Como a Terra gira sob as órbitas dos satélites, todos eles sobrevoam um dado ponto na superfície terrestre uma vez em cada 24 horas.

Todos os SVs, *Space Vehicles*, como também são conhecidos os satélites, transmitem uma mensagem de navegação que contém dados orbitais, características para sincronização do relógio interno, o tempo e o estado do sistema. Também emitem um compêndio de informações de todos os SVs activos, para o utilizador poder localizar todos os satélites activos quando acabou de receber o sinal de apenas 1 SV.

O GPS consegue dar o posicionamento de um objecto a partir das medições precisas da distância entre os SVs e um receptor num dado instante de tempo, ou através da medição de fase. É possível para o receptor com um relógio preciso e um conhecimento da altitude acima do esferóide terrestre de referência, adquirir a posição em 3 dimensões a partir de pelo menos 3 SVs, apesar de na prática um receptor conseguir adquirir um posicionamento mais preciso a partir de 4 SVs. Utilizando múltiplos SVs, é possível adquirir posicionamentos exactos em 3 dimensões, XYZ, mais a hora. Todos os posicionamentos calculados por um receptor são conhecidos por localizações *earth-centered-earth-fixed*, ECEF. Para calcular a distância exacta entre um transmissor e um receptor são necessários relógios precisos em ambos os casos. O relógio do satélite é monitorizado a partir dos controlos terrestres e é acertado pelo relógio atómico de referência. A posição calculada em coordenadas XYZ é convertida através de um algoritmo do receptor para latitude, longitude e altitude acima do elipsóide de referência. Como se pode ver na Figura 3.2, onde a posição é adquirida a partir de 3 SVs [5].

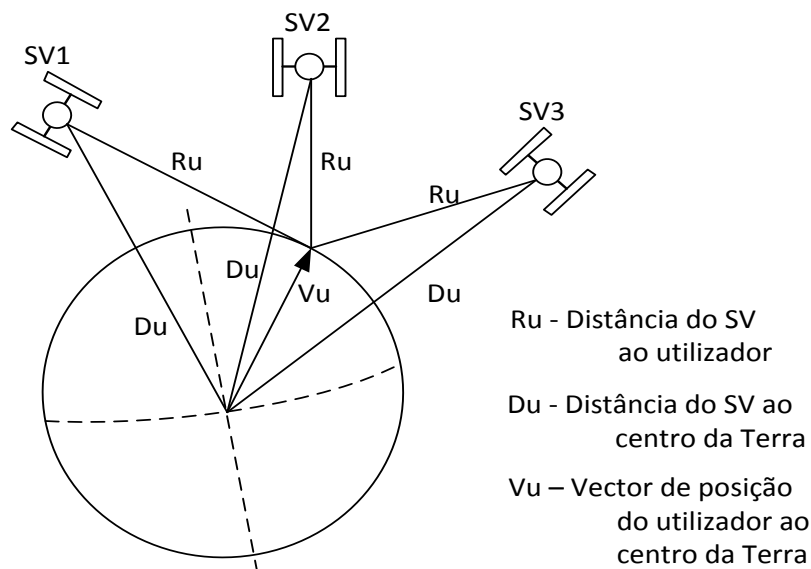


Figura 3.2 - Utilizar coordenadas cartesianas para determinar posição centrada na Terra [5]

3.2 Norma de Comunicação de Equipamentos de Bordo - NMEA 0183

A NMEA, *National Marine Electronics Association*, estabeleceu normas para serem empregues por fabricantes de equipamentos electrónicos marítimos para que seja assegurada a compatibilidade dos equipamentos instalados num navio.

A norma NMEA 0183 especifica os parâmetros de sinal, o protocolo de comunicação de dados e temporização para a comunicação série. A comunicação série de dados entre equipamentos de bordo é unidireccional com um emissor e possivelmente vários receptores. Os dados usam a formatação ASCII e as mensagens entre equipamentos podem conter entre 11 e 79 caracteres. A frequência de transmissão nunca é maior que 1 mensagem a cada segundo [5].

O protocolo de comunicação série utilizado é o RS-422 [5], em que a transmissão de dados é diferencial. Assim, permite uma maior imunidade ao ruído e a mudanças de terra, uma maior distância de transmissão e uma maior taxa de transmissão de dados em relação ao mais comum protocolo de comunicação série, RS-232.

As mensagens utilizadas são sempre iniciadas pelo carácter '\$' seguido pelo campo de endereço, um número de campos de dados, o campo de *checksum* (para validação da mensagem), e termina com os caracteres de formatação ASCII, *carriage return* e *line feed*.

O campo de endereço serve para identificar o tipo, formatação e conteúdo de mensagem. Os campos de endereço podem ser de 3 tipos: campo de endereço aprovado, que fornecem dados de um equipamento; campo de endereço de consulta, usado para um equipamento pedir

informação a outro equipamento; campo de endereço de fabricante, usado para enviar mensagens específicas do equipamento, formatadas pelo fabricante.

Um campo de dados consiste num conjunto de caracteres válidos localizados entre o carácter separador ','. O campo de dados pode ser composto por letras, números ou símbolos alfanuméricos, com dimensão fixa ou variável, com um valor determinado pela definição da mensagem. O campo de dados é considerado nulo quando está vazio, sem caracteres, e é usado quando os dados não estão disponíveis ou não são fiáveis.

O campo de *checksum* é utilizado para verificar se a mensagem é válida ou se foi bem transmitida. É o último campo da mensagem e está sempre presente, sendo delimitado inicialmente pelo carácter '*'. O *checksum* é o resultado do OU Exclusivo (XOR) de 8 bits dos códigos ASCII de todos os caracteres da mensagem presentes entre os caracteres '\$' e '*'. O resultado, a 8 bits, é apresentado em hexadecimal.

As mensagens podem ter no máximo 82 caracteres, consistindo no máximo de 79 caracteres entre o delimitador inicial '\$' e o delimitadores finais <CR><LF>. No mínimo a mensagem tem um campo. O número máximo de campos numa mensagem é apenas limitado pelo comprimento máximo de 82 caracteres. Os campos nulos podem estar presentes e devem ser utilizados sempre que os dados estiverem indisponíveis.

Uma mensagem é composta pelos seguintes elementos apresentados seguidamente:

\$aacc,df1,df2,df3*hh<CR><LF>

\$	delimitador que marca o início da mensagem
aa	caracteres alfanuméricos que identificam o emissor
ccc	caracteres alfanuméricos que identificam os dados da mensagem e a sua formatação
,	delimitador dos campos da mensagem, presente no início dos campos de dados. O delimitador estará presente mesmo quando os campos forem nulos
df1/2/3	representam os campos de dados onde estará contida toda a informação a ser transmitida. A sequência dos campos de dados é fixa e é identificada pelos caracteres 'ccc' do campo de endereço. Os campos de dados podem ser de dimensão variável

- * delimitador que marca o início do campo de *checksum* que segue o último campo de dados.
- hh** campo de *checksum*. Constituído por 2 caracteres que são o resultado do *checksum* em valor hexadecimal
- <CR><LF>** delimitador de final de mensagem

Uma mensagem de data e hora pode ser vista de seguida:

\$GPZDA,hhmmss.ss,dd,mm,yyyy,xx,yy*CC

Em que:

- GP** o emissor é o GPS
- ZDA** mensagem de data e hora
- hhmmss.ss** Hora, Minutos, Segundos (UTC)
- dd** Dia
- mm** Mês
- yyyy** Ano
- xx** horas do fuso horário -13..13
- yy** minutos do fuso horário 0..59
- CC** *checksum* da mensagem

Assim, a seguinte mensagem,

\$GPZDA,225836.00,18,08,2009,,*64

enviada pelo GPS, indica que é dia 18 de Agosto de 2009 e são 22h58'36".

Uma mensagem de consulta tem um endereço composto igualmente por 5 letras maiúsculas e é usada quando um equipamento pede a transmissão de dados a outro equipamento. Esta mensagem é composta pelos seguintes elementos, como é mostrado de seguida:

\$eerrQ,ccc*hh<CR><LF>

Os dois primeiros caracteres, 'ee', servem para identificar o equipamento emissor que requisita os dados, os dois caracteres seguintes, 'rr', identificam o equipamento receptor ao qual são pedidos os dados e é finalizado pelo carácter de consulta 'Q'. O campo 'ccc' serve para indicar o identificador da mensagem a ser requisitada. Um exemplo poderia ser:

\$CCGPQ,GGA*hh

onde o computador (CC) pede ao receptor de GPS (GP) para lhe enviar os dados da mensagem GGA que representa os dados de posição do GPS. Esses dados seriam transmitidos com intervalos de 1 segundo.

As mensagens do fabricante, embora utilizem a mesma estrutura das mensagens anteriores, não são mensagens aprovadas por NMEA 0183, e servem para transmitir dados próprios do fabricante, tendo formatações exclusivas deste. O campo de endereço é composto por 4 letras maiúsculas, sendo a primeira um P. A estrutura de uma mensagem de fabricante pode ser vista da seguinte maneira:

\$Paaa,df1,df2*hh<CR><LF>

em que 'P' indica que é uma mensagem do fabricante e 'aaa' indica o seu código. Os campos de dados 'df1', 'df2', indicam os campos de dados da mensagem de fabricante.

As mensagens utilizadas e as suas estruturas, formatações e identificadores são muito numerosas e podem ser encontradas na norma NMEA 0183. Os manuais dos fabricantes normalmente têm informação quanto às mensagens emitidas e aceites pelo equipamento, tal como as mensagens próprias do fabricante, suas estruturas e formatações [5].

3.3 Cartas Electrónicas

O Homem, desde que se aventurou pelos mares, precisou de conhecer o meio marítimo ao detalhe, conhecer as correntes, a linha costeira e os obstáculos tais como navios naufragados e rochedos para poder evitar os seus perigos e conseguir orientar-se. Desde muito cedo uma das principais ferramentas utilizadas foram as cartas náuticas de papel, elaboradas e actualizadas por cartógrafos, que serviram como ajuda essencial para todos os navegadores, fosse para as suas actividades profissionais ou de recreio.

A organização internacional que regulamenta e normaliza as cartas náuticas é a *International Hydrographic Organization*, IHO. Cada um dos países membros da IHO possui instituições responsáveis por cartografar os seus domínios marítimos. A IHO é também uma instituição importante na regulamentação das cartas marítimas electrónicas, *Electronic Navigational Chart*, ENC.

Nos últimos anos, a digitalização tem dado um importante contributo na cartografia marítima e actualmente representa um importante auxílio nas pontes das embarcações. As

cartas marítimas digitais disponibilizam toda a informação contida numa carta marítima de papel convencional e encontram-se guardadas em formato digital, num CD-ROM, num disco rígido, numa *flash drive*, etc. Sendo normalmente visualizadas através de software adequado num monitor. As versões digitais das cartas possibilitam visualizar tanto a informação geográfica e hidrográfica como informações textuais de um modo eficiente. As cartas náuticas podem ser oficiais, quando são promulgadas pelas instituições hidrográficas nacionais que garantem a sua qualidade e precisão, devendo ser actualizadas em períodos regulares para estarem de acordo com as normas de *Safety of Life at Sea*, SOLAS, ou não oficiais, que normalmente utilizam os dados disponibilizados pelas instituições oficiais mas não são reconhecidas pelas mesmas [5].

3.3.1 Cartas *Raster* (Digitalizadas)

As cartas náuticas raster são produzidas usando scanners para digitalizar cartas náuticas em papel. As cartas raster são imagens que são resultado de réplicas de cartas náuticas em papel, em que tal como uma imagem, toda a informação é visual, estando contida em pontos coloridos, *pixels*. Assim, com esta técnica, não é possível fazer a distinção digital entre objectos e outros dados náuticos locais (como informação dos radares, de ancoramento, entre outras), o que as limita em termos de conformidade com regras e normas internacionais. Esta limitação pode ser contornada, sobrepondo estas informações vectorialmente.

Vantagens:

- Familiaridade do utilizador, por utilizar os mesmos símbolos e cores das cartas náuticas em papel
- Cópias exactas das cartas em papel, preservando assim a sua integridade.
- As informações não podem ser omitidas visualmente pelo utilizador.
- Custo de produção inferior em relação à versão vectorial da carta.
- Oferta mais alargada de cartas.
- Utilizando sobreposição de dados vectoriais com o software apropriado, as cartas raster podem ser utilizadas para realizar todas as operações normais feitas com as cartas de papel.

Desvantagens

- Impossibilidade de definir os dados a apresentar visualmente pelo utilizador.
- Necessidade de uma base de dados adicional com um referencial comum para poderem ser analisadas.
- Não podem providenciar alertas directamente.
- Necessitam de uma maior capacidade de armazenamento em relação às cartas vectoriais.

As cartas raster oficiais utilizadas são as *Raster Navigational Charts* [5].

3.3.1.1 Raster Navigational Chart (RNC)

Uma RNC é uma reprodução digital exacta de uma carta náutica em papel, produzida ou distribuída por um instituto hidrográfico oficial [7]. A imagem tem cada pixel referenciado a uma latitude e longitude. Caso a carta tenha um datum diferente de WGS-84, a carta possibilita translações para equivalência ao posicionamento dado pelo GPS [5].

As RNCs contêm meta-dados onde se encontra a identificação da carta, data de edição, escala, a projecção geográfica e parâmetros associados, datums horizontal e vertical, unidades de profundidade e altitude, parâmetros ou algoritmo para referenciar os pixeis à latitude e longitude, esquemas de cor para dia, noite e crepúsculo, entre outras [7].

As RNCs têm como requisitos importantes:

- Contínuo refrescamento de visualização e actualização de edições
- Mesma qualidade de visualização que as cartas náuticas de papel editadas pelos institutos hidrográficos oficiais
- Uma extensiva verificação da integridade e estado do sistema suportado por notificações e alertas
- Planeamento e monitorização de rotas

As RNCs são um complemento às ENC, por terem total cobertura mundial e assim poderem ser uma opção quando a área navegada não é coberta pelas ENC. Esta vantagem deve-se à dispendiosa e demorada elaboração de cartas vectoriais e de estas ainda não terem uma cobertura global completa. Quando se navega a partir de RNCs, é obrigatório que o navio transporte o conjunto das cartas náuticas oficiais em papel equivalentes [5].

3.3.2 Cartas Vectoriais

As cartas vectoriais têm a capacidade de guardar a informação por grupos, podendo esta ser apresentada através de camadas (*layers*) temáticas. Por exemplo, as linhas batimétricas podem fazer parte de uma camada, enquanto os perigos encontrados na zona pertencem a outra camada. Assim, o utilizador pode escolher a informação que pretende visualizar, optimizando a interpretação da carta consoante as necessidades da altura e evitando que a visualização se torne demasiado confusa. As cartas vectoriais podem também ser inteligentes e contendo informação que pode avisar o utilizador de perigos eminentes no espaço de navegação.

As cartas vectoriais podem também ser produzidas a partir da digitalização de cartas náuticas de papel. A carta que foi digitalizada é posteriormente vectorizada através da codificação individual dos objectos, e dos seus atributos, tornando-os em estruturas de dados, e as posições geográficas dos mesmos são guardadas numa base de dados. A produção de cartas vectoriais é bastante dispendiosa e demorada, enquanto a verificação dos dados é bastante mais complexa do que nas cartas digitalizadas.

Vantagens

- Informação disponibilizada por camadas que permite a escolha selectiva dos dados a apresentar
- A visualização pode ser configurada pelo utilizador.
- Os dados podem ser virtualmente infinitos.
- É possível fazer *zoom in* sem se verificar distorção.
- Os objectos da carta podem ter atributos.
- Permite alertas em caso de uma situação perigosa.
- Objectos podem utilizar uma simbologia diferente da usada nas cartas em papel.
- Os dados da carta podem ser partilhados com outros equipamentos como o radar e ARPA, *Automatic Radar Plotting Aid*.
- É necessária uma menor capacidade de armazenamento em relação às cartas *raster*.

Desvantagens

- Tecnicamente bastante mais complexas que as cartas *raster*.
- Produção mais cara e prolongada.
- Cobertura mundial dificilmente será atingida.
- Mais difícil garantir a qualidade e integridade dos dados vectoriais.
- Formação para utilização das cartas vectoriais é mais demorada e dispendiosa em relação às cartas *raster*.

As cartas náuticas vectoriais oficiais utilizadas são as *Electronic Navigational Charts*, ENC [5].

3.3.2.1 *Electronic Navigational Chart (ENC)*

As *Electronic Navigational Charts* são base de dados de conteúdo, estrutura e formato normalizado, são publicadas por institutos hidrográficos autorizados governamentalmente, para serem usadas em ECDIS, *Electronic Chart Display and Information System*. Têm toda a informação de uma carta náutica necessária para uma navegação segura, e poderão ter dados adicionais a uma carta náutica de papel, por exemplo direcções de velejamento, que possam ser necessários

para uma navegação segura [8]. Os dados são inseridos conforme a Especificação de Produto das ENC's IHO S-57, e registam todos os elementos cartografados relevantes para uma navegação segura, como linhas costeiras, batimetria, bóias, luzes, etc. A unidade elementar de cobertura geográfica de uma ENC, analogamente a uma carta náutica de papel, é a célula [9]. Um conjunto de células contíguas permitem que a navegação seja feita de um modo contínuo [5].

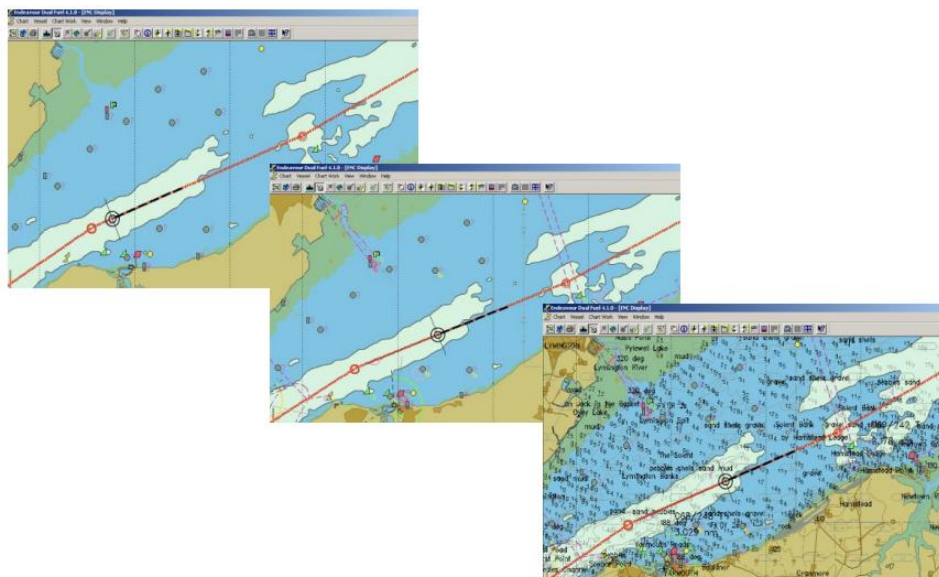


Figura 3.3 – ENC em vários graus de detalhe

Quando uma ENC é lida por um ECDIS, os dados são convertidos numa ENC interna do ECDIS, *System ENC* (SENC), para uma visualização otimizada e mais eficiente [9]. A SENC é uma base de dados que permite adicionar actualizações e informações pelo utilizador, sendo a fonte de dados imediatamente anterior à visualização, a partir da qual o utilizador pode seleccionar a informação a disponibilizar. É por isso necessário que a base de dados da ENC se mantenha inalterada, para que a SENC possa ser reconstruída e retornar à versão original da carta náutica [5]. Como se pode ver na Figura 3.3, o potencial das ENC's num ECDIS, permitem visualizar a carta náutica com variados níveis de detalhe conforme as necessidades.

Os dados são totalmente escaláveis e dependentemente da escala a que está a ser visualizada, o ECDIS pode mostrar os dados a diferentes níveis de detalhe. Quando se utilizam escalas maiores que a escala original os símbolos permanecem da mesma dimensão, causando o perigo de sobredimensionamento dos objectos, tornando a carta insuficientemente segura para navegação. Para tal, é necessário que o ECDIS alerte automaticamente o utilizador quando o *zoom* levou a carta a uma escala maior que a escala original da ENC.

Os objectos podem ser seleccionados e questionados pelo utilizador quanto a atributos, criando o potencial de manipular a imagem da carta náutica em visualização. As ENC's, por permitirem que os dados de navegação podem ser modificados pelo utilizador, dão a

possibilidade de configurar linhas batimétricas como contornos de segurança, e assim permitir disparar alertas automáticos em caso de aproximação. Os avisos podem ser dados pelo ECDIS, caso se detecte que há um conflito entre a rota traçada e um objecto da ENC [5].

As ENCs podem ser utilizadas como cartas náuticas primárias, desde que sejam disponibilizadas por um ECDIS aprovado. A norma da IMO para ECDIS ainda manda que as ENCs sejam autorizadas por um instituto hidrográfico oficial e utilizadas na versão mais actual para poderem ser cartas oficiais [9].

3.4 Sistemas para Cartas Electrónicas

3.4.1 *Electronic Chart Display and Information System (ECDIS)*

O ECDIS é um sistema de apoio à navegação composto por hardware, software de visualização e cartas electrónicas vectoriais oficiais, ENCs, que deve funcionar conforme as normas de ECDIS. Na resolução A.817(19) da IMO, *International Maritime Organization*, que define a norma oficial de funcionamento, é afirmado que o principal objectivo de um ECDIS é contribuir para uma navegação segura e auxiliar o navegador no planeamento da rota e sua monitorização [8].

As cartas náuticas electrónicas utilizadas, ENCs, têm de ser oficializadas pelos institutos hidrográficos autorizados governamentalmente. Toda a informação das cartas náuticas, necessária para uma navegação segura e eficiente, deve ser visualizada através do ECDIS, onde o utilizador pode seleccionar as informações mais relevantes para a ocasião. A actualização das ENCs através do sistema tem de ser feito de um modo rápido e fiável. O objectivo do ECDIS, em relação às cartas náuticas de papel, é facilitar o planeamento e monitorização de rotas e do posicionamento do navio mantendo a mesma fiabilidade e disponibilidade. Para tal, tem de estar continuamente a actualizar visualmente a posição do navio.

O ECDIS tem internamente uma base de dados, a *System Electronic Navigational Chart*, SENC, que é o resultado da transformação do ENC pelo ECDIS, onde são submetidas todas as actualizações do ENC e onde o utilizador pode inserir informação. É a partir dos dados da SENC que o ECDIS gera a carta para visualização e para outras funções de navegação, e é onde está o equivalente à última actualização da carta náutica em papel oficial. No SENC também podem estar informações de outras fontes [8]. Como a informação da SENC pode ser alterada, é importante que os dados da ENC permaneçam intactos, caso informações importantes forem perdidas e a SENC precise de ser reconstruída para o estado original. O utilizador pode decidir que parte da SENC quer visualizar e o nível de detalhe que pretende, podendo escolher entre vários níveis:

- Toda a informação do SENC.
- **Standard Display** - O subconjunto da informação que o ECDIS deve disponibilizar do SENC quando uma carta é visualizada pela primeira vez. A informação relativa ao planeamento e monitorização da viagem pode ser alterada consoante as necessidades do navegador.
- **Display Base** – A informação do SENC que não pode ser removida de visualização, que é necessária em qualquer altura, em qualquer localização geográfica e em qualquer situação. Não é pretendido que seja suficiente para uma navegação segura [8].

Nos dois primeiros níveis é possível adicionar e remover informação, enquanto está implícito que não é possível remover dados do **Display Base**, por mostrar a informação mínima requerida. O ECDIS também permite visualizar, para além dos dados cartográficos, toda a informação relativa à navegação, como a localização geográfica, o rumo, a proa, a velocidade, dados do radar ou ARPA, que são adquiridos a partir de sensores do navio.

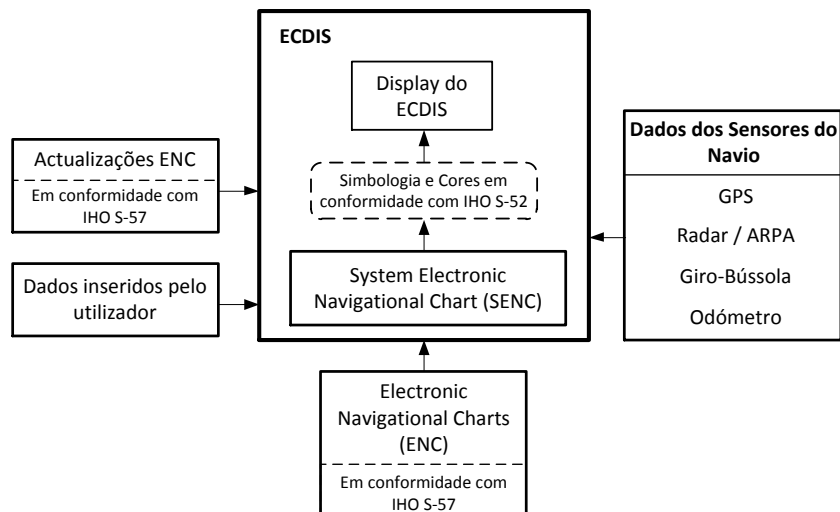


Figura 3.4 – Diagrama de Blocos de um ECDIS [5]

Como está descrito no capítulo 3.3.2.1, todos os dados da ENC devem estar em conformidade com a Especificação das ENC IHO S-57, tal qual como todas as actualizações oficiais. A simbulogia utilizada pelo ECDIS para representar os dados da ENC e as suas condições, devem obedecer à Especificação IHO S-52 [9].

O sistema deve ter à sua disposição sistemas de suporte em caso de falha. Para prevenir e monitorizar o sistema, tem também de dar indicações de informações disponíveis e alarmes de falhas de equipamento. As indicações devem ser visualizadas, enquanto os alarmes devem ser dados não só visualmente mas também sonoramente.

Os requisitos básicos de um ECDIS são:

- **Dados da ENC**

Contidos nas bases de dados da carta náutica electrónica e oficializados pelas intuições hidrográficas autorizadas governamentalmente.

- **Simbologia e Cores**

A simbologia utilizada pelos ECDIS depois da transformação visual dos dados da ENC, tem de estar em conformidade com as especificações contidas na publicação IHO S-52. Deve ser permitido ao utilizador mudar entre esquemas de cor consoante seja dia, noite ou crepúsculo.

- **Posição do próprio navio**

A posição do próprio navio tem de ser visualizada e actualizada continuamente pelo ECDIS. Estes dados são adquiridos a partir de sensores de posição geográfica como o GPS.

- **Mudança de Escala**

A disposição da informação da ENC deve ser visualizada a diferentes escalas após operações de *zoom*. Deve ser dado um aviso, caso a informação visualizada esteja a uma escala maior daquela contida na ENC.

- **Modo de Visualização**

O utilizador deve conseguir alterar a visualização entre os modos, “orientado a norte” ou “orientado segundo a proa”. Também deve permitir que o movimento do navio seja visualizado em relação à carta, modo *true motion*, ou que a carta se movimente em relação ao navio, estando este aparentemente estacionário, modo *relative motion*.

- **Profundidade ou Batimetria de Segurança**

O utilizador pode configurar uma profundidade de segurança em que recebe alertas quando os ecos do sonar forem mais rasos, ou uma batimetria de segurança que será evidenciada na carta

- **Integração de Outras Informações de Navegação**

Os dados adquiridos a partir do radar ou ARPA podem ser integrados na visualização.

O ECDIS, como foi mencionado anteriormente, é uma importante ferramenta para o navegador planear e monitorizar a viagem, mas também como fonte de alertas e notificações relativas à viagem e a falhas dos equipamentos de navegação, e como ferramenta de registo da viagem.

No planeamento da viagem deve ser possível através do sistema planear uma rota desejada, através da definição de pontos intermédios que poderão ser alterados conforme a conveniência. Deve ser também possível definir uma margem de tolerância de desvio da rota, de maneira a que o navegador possa ser avisado quando está a sair da rota planeada.

Na monitorização da viagem o sistema deve apresentar a posição do navio sempre que a área da carta náutica onde este está presente esteja a ser mostrada. Também deve ser possível o navegador verificar outras áreas do mapa, mas a posição do navio deve poder ser visualizada através de uma única operação do utilizador. Os dados de navegação do navio, tal como posição do navio, velocidade, rumo, proa devem ser sempre vistos e actualizados continuamente, e informações de viagem, como rota passada e tempo de chegada, também devem estar disponíveis.

O ECDIS deve igualmente dar indicações caso algum elemento presente na visualização esteja fora da escala da carta náutica, um sistema de referência diferente, a rota esteja planeada sobre uma zona potencialmente perigosa, como outras informações. As indicações devem ser visualizadas. Os alarmes devem estar presentes em situações de falha de algum equipamento de navegação, desvio de rota, entrada da embarcação numa zona perigosa. Os alarmes devem não só ser visíveis ao utilizador mas também dados sonoramente.

O sistema possibilita o registo de viagem, para o navegador poder verificar a viagem. Estes registos podem ser reproduzidos e os dados de navegação das 12 horas antecedentes verificados. Os intervalos dos registos não deve exceder as 4 horas.

Este sistema tem de ter uma solução de suporte em caso de falha. Neste caso, deve ser garantida que toda a informação hidrográfica e geográfica relevante é disponibilizada graficamente, através de uma carta náutica de papel, por exemplo [5]. Outras soluções de suporte podem passar por utilizar *Raster Chart Display System*, RCDS, ou *Electronic Chart System*, ECS.

3.4.2 *Raster Chart Display System* (RCDS)

A IHO define como *Raster Chart Display System*, um sistema de informação navegacional que dispõe visualmente RNCs com informação posicional a partir dos sensores de navegação para assistir o navegador a planear e monitorizar rotas, e se necessário, disponibilizar informação relacionada com a navegação [7].

Como as RNCs apenas têm de cumprir os mínimos requisitos apresentados por um apêndice das normas de desempenho dos ECDIS, a IMO avisa os navegadores que o RCDS é limitado em relação às funcionalidades de um ECDIS. Algumas das limitações de um RCDS em relação a um ECDIS são as seguintes:

- Os dados de uma RNC não permitem o disparar de alarmes automáticos, apesar de estes poderem ser configurados pelo utilizador.
- Elementos da carta náutica não podem ser alterados ou removidos conforme as necessidades operacionais. Pode, assim, afectar a integração de dados de radar ou ARPA, por sobreposição de elementos, no que resulta uma visualização confusa.
- Uma RNC não permite o pedido de características de objectos da carta náutica.
- As RNCs devem ser visualizadas à escala da equivalente carta em papel, por degradação da qualidade da imagem e, consequentemente, as capacidades do ECDIS, por uso excessivo do *zoom*.

Actualmente, a IMO, através das normas de desempenho dos ECDIS, possibilita que este sistema tenha a opção de operar em modo RCDS, funcionando como ECDIS, caso uma ENC esteja disponível para a zona navegada, caso contrário funcionará como RCDS utilizando RNCs [5].

3.4.3 *Electronic Chart System (ECS)*

Os sistemas electrónicos de cartografia que não cumprem com as normas de desempenho dos ECDIS ou RCDS são denominados *Electronic Chart System*, ECS. Normalmente são softwares comerciais que fazem uso de cartas e dados que não foram homologados pelos institutos hidrográficos oficiais ou que as cartas vectoriais não cumprem com as normas de IHO S-57 [5].

3.5 Automatic Identification System (AIS)

O AIS é um sistema de bordo responsável pela troca automática de informações relativa à viagem e à embarcação, entre navios ou entre navios e estações costeiras. A comunicação tem de ser contínua e autónoma através das frequências marítimas VHF [10]. O sistema permite lidar com mais de 4.500 mensagens por minuto e actualiza-se com uma frequência até 2 segundos. Utiliza o algoritmo de alocação de espaços de transmissão SOTDMA, *Self-Organizing Time Division Multiple Access*, ver Capítulo 3.5.1, para poder lidar com a intensa taxa de difusão e assim assegurando comunicações fiáveis entre navios [11].

Os objectivos do AIS são a identificação entre embarcações, aumentando assim a percepção situacional, trocas de informação entre as embarcações e estações costeiras como VTS, *Vessel Traffic Service*, em zonas congestionadas, para melhorar a gestão do tráfego marítimo. Permite igualmente a notificação automática, onde esta é obrigatória ou voluntária e a troca de informações de segurança entre embarcações ou entre embarcações e estações costeiras. Assim, o AIS possibilita aumentar a segurança e eficiência de navegação [10].

Segundo a Convenção Internacional SOLAS, *Safety of Life at Sea*, todos os navios com um peso bruto superior a 300 toneladas que empreendam viagens internacionais, cargueiros com peso bruto acima de 500 toneladas ou navios de passageiros independentemente do tamanho, têm de estar equipados com AIS. Os transpondedores de AIS são divididos em duas classes. As estações de AIS de classe A são todas aquelas que estão em conformidade com os requisitos da IMO através da convenção SOLAS, e apresentam as taxas de transmissão de mensagens que se podem ver na Tabela 3.1. As estações de classe B são as que não estão totalmente em conformidade com as regras da IMO e, embora sejam quase idênticas, apresentam algumas diferenças significativas:

- Tem uma frequência de transmissão menor

- Não transmitem o nº de identificação IMO
- Não transmitem o destino e ETA, *Estimated Time of Arrival*, hora prevista de chegada
- Não transmitem o estado de navegação
- Não transmitem o ROT, *Rate Of Turn*, mudança de direcção
- Não transmitem o calado máximo da embarcação
- Não transmitem, só recebem, mensagens de texto de segurança
- Não transmitem, só recebem, mensagens binárias, relativas a aplicações

As estações de AIS também são instaladas em aviões em missões de salvamento e em estações terrestres, usadas para difundir mensagens de texto de segurança, sincronização da hora, informações meteorológicas ou hidrológicas, informações de navegação, ou posições de outras embarcações [12].

Condições de Navegação	Intervalo Nominal de Mensagens
Navio ancorado ou atracado e movendo-se a menos de 3 nós	3 minutos
Navio ancorado ou atracado e movendo-se a mais de 3 nós	10 segundos
Navio com velocidade 0 – 14 nós	10 segundos
Navio com velocidade 0 – 14 nós e a mudar de rumo	3,33 segundos
Navio com velocidade 14 – 23 nós	6 segundos
Navio com velocidade 14 - 23 nós e a mudar de rumo	2 segundos
Navio com velocidade maior que 23 nós	2 segundos
Navio com velocidade maior que 23 nós e a mudar de rumo	2 segundos

Tabela 3.1 – Intervalo de Mensagens Nominal para AIS de Classe A [10]

As informações difundidas permitem que o utilizador, através de um ECDIS, possa ter uma representação de cada navio, equipado com AIS, com as dimensões actuais à escala da carta, orientado segundo a proa, com um vector que indica o rumo e a velocidade. O navegador pode, ao escolher um dos navios que está a visualizar, ter informações como o nome do navio, o rumo, a velocidade, a classificação, o MMSI, o sinal de chamamento(*call sign*), entre outras informações. O conhecimento da identidade dos navios circundantes permitiu que, cada vez que um navio comunica com outro, se saiba de antemão o seu nome. Passou também a permitir que os navios pudessem trocar entre si pequenas mensagens, e assim facilitando a comunicação. O AIS veio

permitir que informações que estavam apenas disponíveis ao VTS passassem a estar ao alcance de qualquer navegador [11].

3.5.1 Como Funciona

Cada sistema de AIS é composto por um transmissor de VHF, dois receptores TDMA VHF, um receptor DSC VHF, e ligações de comunicação electrónica marítima para o display de bordo e os sensores do navio. As comunicações electrónicas marítimas são estabelecidas pela especificação NMEA 0183 e pela norma IEC 61162. As informações relativas à posição geográfica e ao tempo são adquiridas a partir de um receptor GNSS interno ou externo, incluindo um receptor de GNSS diferencial para uso junto à costa, onde é necessária uma maior precisão de posicionamento. Outras informações difundidas pelo AIS são normalmente adquiridas a partir de equipamentos de bordo.

O transpondedor de AIS funciona de modo contínuo e autónomo, independentemente de navegar em mar aberto, águas costeiras, ou em lagos e rios. A transmissão usa a modulação 9,6kb GMSK FM em canais de 25 kHz ou 12,5 kHz no protocolo de pacotes HDLC. Embora só seja necessário um canal de rádio, cada estação de AIS transmite e recebe a partir de dois canais de rádio para evitar a ocorrência de interferências, e para que os canais possam ser trocados sem perda de comunicação com os outros navios. O sistema permite contenção automática entre si própria e as outras estações, de maneira a preservar integridade de comunicação mesmo em situações de sobrecarga.

Para as estações de AIS se organizarem na transmissão de dados, de maneira a que as mensagens transmitidas não se sobreponham, utilizam o algoritmo SOTDMA, *Self-Organizing Time Division Multiple Access*. Cada estação determina a altura de transmissão, dependendo do historial de tráfego de dados e o conhecimento das acções futuras pelas restantes estações. Um relatório de posicionamento de uma estação de AIS escolhe um espaço de transmissão em 2250 espaços por cada 60 segundos. As estações de AIS estão em contínua sincronia umas com as outras, adquirida a partir da hora recebida através do GPS, de maneira a dividirem os espaços de transmissão para não haver sobreposição nas comunicações. A selecção dos espaços de transmissão é aleatória dentro dum intervalo de tempo, e marcada com uma validade, *timeout*. Quando uma estação muda de espaço de transmissão, avisa qual será a nova localização e o seu *timeout*. Assim, as novas estações ou aquelas que entrem no alcance do VHF, são sempre recebidas pela estação de AIS.

As normas de desempenho da IMO referem que a estação de AIS estabelece no mínimo 2000 espaços por minuto para transmissão, embora consiga mais de 4500 espaços por minuto. O

modo de difusão em SOTDMA permite que o sistema funcione sobrelotado até 500% através da partilha de espaços temporais e mesmo assim garantindo a comunicação com quase a totalidade dos navios a uma distância menor que 10 milhas náuticas. Em caso de sobrelotação dos espaços temporais(*slots*), a estação de AIS receptora dá preferência aos navios que se encontrem mais próximos, por serem mais importantes para o navegador, e desprezando aqueles que estão mais distantes. Virtualmente, o sistema tem uma capacidade quase ilimitada, permitindo que muitos navios comuniquem ao mesmo tempo entre estações de AIS.

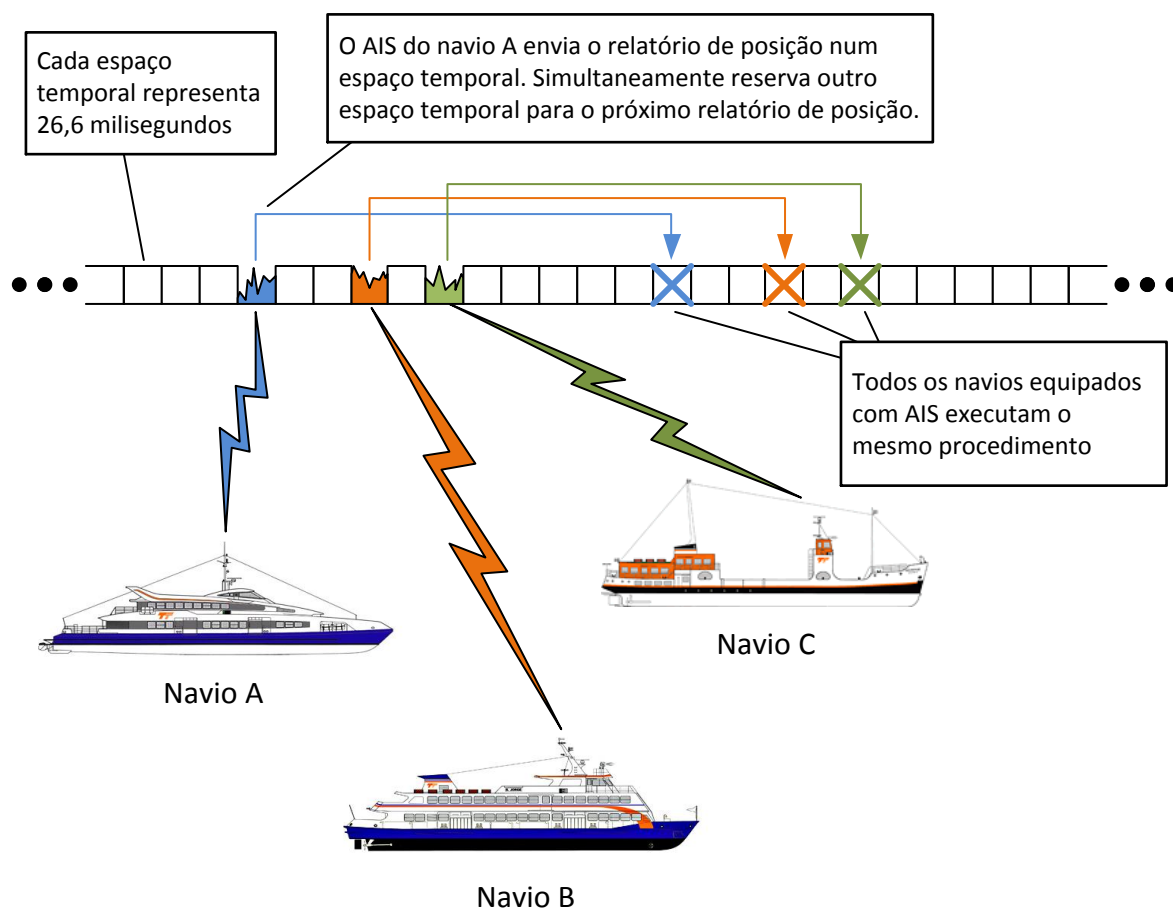


Figura 3.5 – Alocação dos espaços temporais(*slots*) na comunicação entre estações de AIS [13]

O alcance das estações de AIS é equivalente ao do VHF, dependendo principalmente da altura das antenas. A propagação é melhor que a do radar devido a um maior comprimento de onda, ultrapassando massas terrestres, como ilhas, caso não sejam muito altas. O alcance esperado normalmente em mar aberto será de 20 milhas náuticas [13].

3.5.2 Mensagens de AIS

As informações que são transferidas entre embarcações ou entre a embarcação e a costa, estão contidas em séries de mensagens de formatação normalizada e transmitidas em intervalos previamente determinados quando há dados disponíveis ou a partir de um pedido das

autoridades competentes. Existem 22 tipos diferentes de mensagens incluídas na Norma Técnica de AIS, ITU-R M.1371-1. Estas mensagens para além de conterem detalhes da informação transmitida, como dados de navegação, também têm utilidade para funcionalidades do sistema e da transmissão de dados, como confirmação de mensagens, pedidos de informação, ou comandos de gestão. Na Tabela 3.2 está uma descrição das principais mensagens transmitidas através de AIS.

Identificadores das Mensagens	Descrição
1,2,3	Relatório de Posição
4	Relatório de Estação Base
5	Dados Estáticos e Relativos à Viagem
6, 7, 8	Mensagens Binárias
9	Relatório de Posição de Aviações de Busca e Salvamento (SAR)
10, 11	Data e Hora UTC
12, 13, 14	Mensagem Relativa à Segurança
15	Pedido Específico de Mensagem
16	Comandos de Instrução – por autoridades competentes
17	Mensagem Binária de Difusão de DGNSS
18, 19	Relatório de Posição Classe B
20	Gestão da Ligação de Dados – Reserva de <i>slots</i> para Estações Base
21	Relatório de Ajuda à Navegação (<i>Aids to Navigation</i>)
22	Gestão de Canais

Tabela 3.2 – Descrição das Principais Mensagens Transmitidas por AIS [10]

Aqui serão apenas descritos os detalhes das mensagens relativas à posição e navegação, mensagens “dinâmicas”, e as mensagens relativas à viagem e a informações estáticas da embarcação, mensagens “estáticas”. A informação dinâmica é automaticamente actualizada pelos sensores do navio ligados ao AIS. A informação estática é inserida na estação de AIS aquando da sua instalação e só precisam de ser alteradas caso o nome do navio seja alterado ou este sofra profundas alterações. O conteúdo relativo à viagem é inserido manualmente e actualizado durante a viagem. O conteúdo destas mensagens é determinante em diferentes situações, assim utilizando frequências de actualização diferentes. A velocidade e as manobras executadas pelo navio servem como variáveis que vão determinar a frequência com que são actualizadas as mensagens “dinâmicas”, para poder assegurar a adequada monitorização das embarcações [10].

As informações “dinâmicas” são difundidas através do Relatório de Posição, com uma frequência de 2 a 10 segundos quando a embarcação se está a deslocar e, normalmente, a cada 3 minutos quando está ancorada ou atracada. Habitualmente estas são as mensagens prioritárias. O conteúdo em detalhe está descrito em Anexo, no capítulo A1.1. Os dados difundidos são:

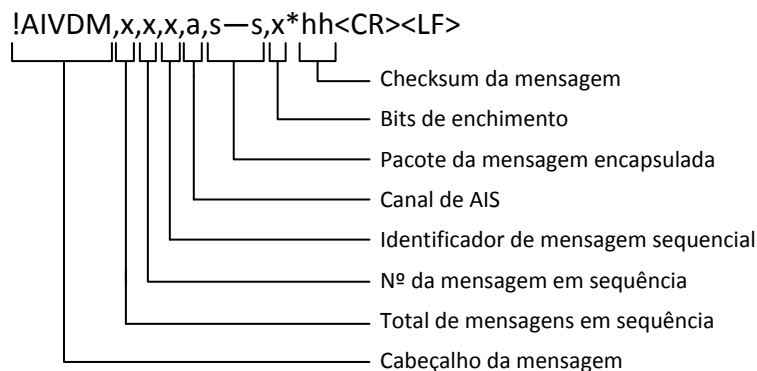
- **nº MMSI** – *Maritime Mobile Service Identity*, nº único que identifica a estação de AIS
- **Estado de Navegação** – Situação de navegação presente (ex.: “a navegar a motor”, “ancorado”, etc.)
- **ROT** – *Rate of Turn*, indica o ritmo de viragem do navio, em °/min. De 0 a 720°/min.
- **SOG** – *Speed Over Ground*, indica a velocidade do navio. Resolução de 1/10 nós de 0 a 102 nós. Fonte dos dados é o Odómetro.
- **Precisão de Posicionamento** – Indica se o DGPS ou processamento é utilizado para melhorar a precisão do posicionamento
- **Latitude e Longitude** – Posição geográfica com uma resolução de 1/10.000 minutos
- **COG** – *Course Over Ground*, indica o rumo do navio em relação ao Norte. Resolução de 1/10°
- **Time Stamp** – O segundo mais próximo da hora universal UTC em que os dados foram gerados

As informações “estáticas” são difundidas através da mensagem de Dados Estáticos e Relativos à Viagem com uma frequência de 6 minutos. O conteúdo em detalhe está descrito em Anexo, no capítulo A1.2. Os dados difundidos são:

- **nº MMSI** – mesmo nº de identificação único referido em cima
- **nº IMO** – nº único que identifica a embarcação
- **Sinal de Chamamento de Rádio** – sinal de chamamento internacional designado para a embarcação. Utilizado para comunicações por rádio de voz.
- **Nome** – Nome da embarcação
- **Tipo de Navio e Carga** – Informação quanto ao tipo de navio, quanto à sua utilidade e, em casos especiais de segurança, da carga que transporta.
- **Dimensões da Embarcação** – Boca e comprimento da embarcação. Refere também a posição do receptor GNSS
- **Tipo de GNSS** – Informa o tipo de sistema de posicionamento utilizado (ex.: GPS, GLONASS)
- **Calado** – Calado máximo estático. Com uma resolução de 1/10 metros
- **Destino** – Destino esperado da embarcação
- **ETA** – *Estimated Time of Arrival*, data e hora esperada de chegada ao destino, expressa em mês, dia, hora, e minuto UTC [14].

3.5.2.1 Formato das Mensagens

O AIS comunica entre estações através de mensagens definidas pela norma ITU-R M.1371, através da Ligação de Dados por VHF, VDL, *VHF Data Link*, onde está contido o pacote de mensagem AIS. A mensagem quando é encabeçada por \$AIVDM é referente a dados recebidos através de VHF, quando a mensagem é encabeçada por \$AIVDO é referente a dados enviados para outros navios através de VHF. O formato da mensagem, apresentado em baixo, permite que os dados sejam transmitidos em sequência de mensagens.



- **Cabeçalho da mensagem** – As mensagens recebidas através de VDL são encabeçadas por !AIVDM, as que são enviadas para os outros navios são encabeçadas por !AIVDO
- **Total de pacotes em sequência** – Quando a mensagem de AIS é muito longa, esta é dividida em vários pacotes de dados. Este campo destina-se ao nº total de pacotes necessário para transferir a mensagem completa de AIS. De 1 a 9
- **Nº da mensagem em sequência** – nº que define a ordem do pacote na sequência para completar uma mensagem. De 1 a 9
- **Identificador de mensagem sequencial** – Quando a mensagem precisa de uma sequência de pacotes, este campo identifica a mensagem em sequência, para que várias mensagens sequenciais não sejam misturadas. Quando basta 1 pacote para transmitir a mensagem, este campo encontra-se vazio. De 0 a 9 e depois recomeça a identificação
- **Canal de AIS** – Canal de VHF por onde é recebido o pacote de dados. Depende das condições operacionais da estação de AIS. Canal 'A' ou 'B'
- **Pacote da Mensagem Encapsulada** – Pacote da mensagem em caracteres codificados em números binários de 6 bits. Em caso de pacote único para uma mensagem, este não pode ultrapassar os 63 caracteres quando a mensagem é sequencial, o pacote não pode exceder os 62 caracteres, para que cada mensagem não tenha mais de 82 caracteres. Os caracteres e o código de 6 bits referente está na tabela 1.3
- **Bits de Enchimento** – Para encapsular a mensagem, o nº de bits é múltiplo de 6. Este campo serve para indicar o nº de bits que sobram, irrelevantes para a mensagem. De 0 a 5
- **Checksum da Mensagem** – Utilizado para verificar se a mensagem tem algum erro. Para a mensagem poder ser validada, o checksum tem de ser igual ao XOR de todos os bytes que estiverem entre '!' e '*'. Apresentado em hexadecimal.

Como exemplo, vai ser utilizada a mensagem em baixo, para ser explicada a formatação e como os dados encapsulados e codificados binariamente podem ser convertidos em informação útil e perceptível.

!AIVDM,1,1,,A,1P0000h1IT1svTP2r:43grwb0Eq4,0*01<CR><LF>

- **Cabeçalho da mensagem** = '!AIVDM'. Mensagem recebida através de VDL.
- **Total de pacotes em sequência** = 1. Os dados vêm todos nesta mensagem
- **Nº da mensagem em sequência** = 1. Primeira e única mensagem.
- **Identificador de mensagem sequencial** = NULL. O campo está vazio por esta mensagem não ser sequencial.
- **Canal de AIS** = 'A'. Mensagem recebida a partir do canal 'A' de VHF.
- **Pacote da Mensagem Encapsulada** = '1P000Oh1IT1svTP2r:43grwb0Eq4,0'. Dados encapsulados e codificados binariamente.
- **Bits de Enchimento** = 0. Não há bits de enchimento.
- **Checksum da Mensagem** = 01. O XOR de 'AIVDM,1,1,,A,1P000Oh1IT1svTP2r:43grwb0Eq4,0' deverá ser igual a 01 para a mensagem ser válida.

Embora o pacote da mensagem encapsulada possa ser transferida em apenas uma mensagem, caso fosse preciso enviá-la em duas partes, ela não precisaria de ser partida em nenhum ponto específico.

!AIVDM,2,1,7,A,1P000Oh1IT1svT,0*28<CR><LF>

!AIVDM,2,2,7,A,P2r:43grwb0Eq4,0*0C<CR><LF>

!AIVDM,2,1,9,A,1P000Oh1IT1svTP2r:43,0*0B<CR><LF>

!AIVDM,2,2,9,A,grwb0Eq4,0*0F<CR><LF>

Como se pode ver em ambos os exemplos em cima, embora os dados tenham chegado em mensagens distintas, identificadas pelo nº de mensagem sequencial, '7' e '9' respectivamente, a mensagem completa encapsulada é a mesma, 'AIVDM,1,1,,A,1P000Oh1IT1svTP2r:43grwb0Eq4,0'.

3.5.2.2 Descodificação da Mensagem Encapsulada

O processo de descodificar a mensagem encapsulada e codificada pode ser descrito em 3 passos:

1. Converte-se a sequência de caracteres nos códigos de 6 bits equivalentes, como se pode ver na tabela 1.3
2. Divide-se a sequência de códigos de 6 bits segundo a estrutura e regras da mensagem referente ao identificador. Este identificador é sempre o primeiro carácter da mensagem encapsulada. No exemplo, o primeiro carácter da mensagem encapsulada é '1', logo os dados estarão estruturados segundo a tabela 15 de ITU-R M.1371-1:2000 no Anexo A.

3. Retira-se a informação segundo as regras referentes ao identificador da mensagem presentes na a tabela 15 de ITU-R M.1371-1:2000.

Para converter o código ASCII do carácter correspondente para o código binário de 6 bits, necessário para descodificar a mensagem, pode ser utilizado o algoritmo apresentado na Figura 3.6. Neste algoritmo é testado se o carácter presente está dentro do grupo de caracteres codificados com código de 6 bits, como se pode ver na Tabela 3.3. Se fôr encontrado algum carácter inválido, um erro deve ser invocado, e a mensagem totalmente recusada. Os bits usados serão os 6 menos significativos do resultado.

De seguida é construída a sequência binária a partir dos códigos de 6 bits resultantes da conversão a partir dos códigos ASCII. Segundo a estrutura da mensagem, referente ao seu identificador, organiza-se os bits, no caso do nosso exemplo segundo a tabela 15 de ITU-R M.1371-1:2000.

- **Identificador da Mensagem**, bits 1-6
- **Indicador de Repetição**, bits 7-8
- **MMSI**, bits 9-38
- **Estado de Navegação**, bits 39-42
- **ROT**, bits 43-50
- **SOG**, bits 51-60
- **Precisão de Posicionamento**, bit 61
- **Longitude**, bits 62-89
- **Latitude**, bits 90-116
- **COG**, bits 117-128
- **Proa**, bits 129-137
- **Segundo UTC em que a mensagem foi gerada (*Time Stamp*)**, bits 138-143
- **Aplicações Regionais**, bits 144-147
- **Sem uso**, bit 148
- **RAIM**, bit 149
- **Estado de Comunicação SOTDMA**, bits 150-168

A partir das regras referentes a cada tipo de mensagem, interpreta-se os bits dos dados contidos. Para o exemplo proposto, deve-se seguir as regras da tabela 15 de ITU-R M.1371-1:2000. O processo de descodificação está descrito na Figura 3.7 [15].

ASCII HEX = binário	Carácter	Código binário de 6 bits	ASCII HEX = binário	Carácter	Código binário de 6bits
30 = 00110000	0	000000	50 = 01010000	P	100000
31 = 00110001	1	000001	51 = 01010001	Q	100001
32 = 00110010	2	000010	52 = 01010010	R	100010
33 = 00110011	3	000011	53 = 01010011	S	100011
34 = 00110100	4	000100	54 = 01010100	T	100100
35 = 00110101	5	000101	55 = 01010101	U	100101
36 = 00110110	6	000110	56 = 01010110	V	100110
37 = 00110111	7	000111	57 = 01010111	W	100111
38 = 00111000	8	001000	60 = 01100000	'	101000
39 = 00111001	9	001001	61 = 01100001	a	101001
3A = 00111010	:	001010	62 = 01100010	b	101010
3B = 00111011	;	001011	63 = 01100011	c	101011
3C = 00111100	<	001100	64 = 01100100	d	101100
3D = 00111101	=	001101	65 = 01100101	e	101101
3E = 00111110	>	001110	66 = 01100110	f	101110
3F = 00111111	?	001111	67 = 01100111	g	101111
40 = 01000000	@	010000	68 = 01101000	h	110000
41 = 01000001	A	010001	69 = 01101001	i	110001
42 = 01000010	B	010010	6A = 01101010	j	110010
43 = 01000011	C	010011	6B = 01101011	k	110011
44 = 01000100	D	010100	6C = 01101100	l	110100
45 = 01000101	E	010101	6D = 01101101	m	110101
46 = 01000110	F	010110	6E = 01101110	n	110110
47 = 01000111	G	010111	6F = 01101111	o	110111
48 = 01001000	H	011000	70 = 01110000	p	111000
49 = 01001001	I	011001	71 = 01110001	q	111001
4A = 01001010	J	011010	72 = 01110010	r	111010
4B = 01001011	K	011011	73 = 01110011	s	111011
4C = 01001100	L	011100	74 = 01110100	t	111100
4D = 01001101	M	011101	75 = 01110101	u	111101
4E = 01001110	N	011110	76 = 01110110	v	111110
4F = 01001111	O	011111	77 = 01110111	w	111111

Tabela 3.3 – Código binário de 6 bits correspondente com o carácter ASCII [15]

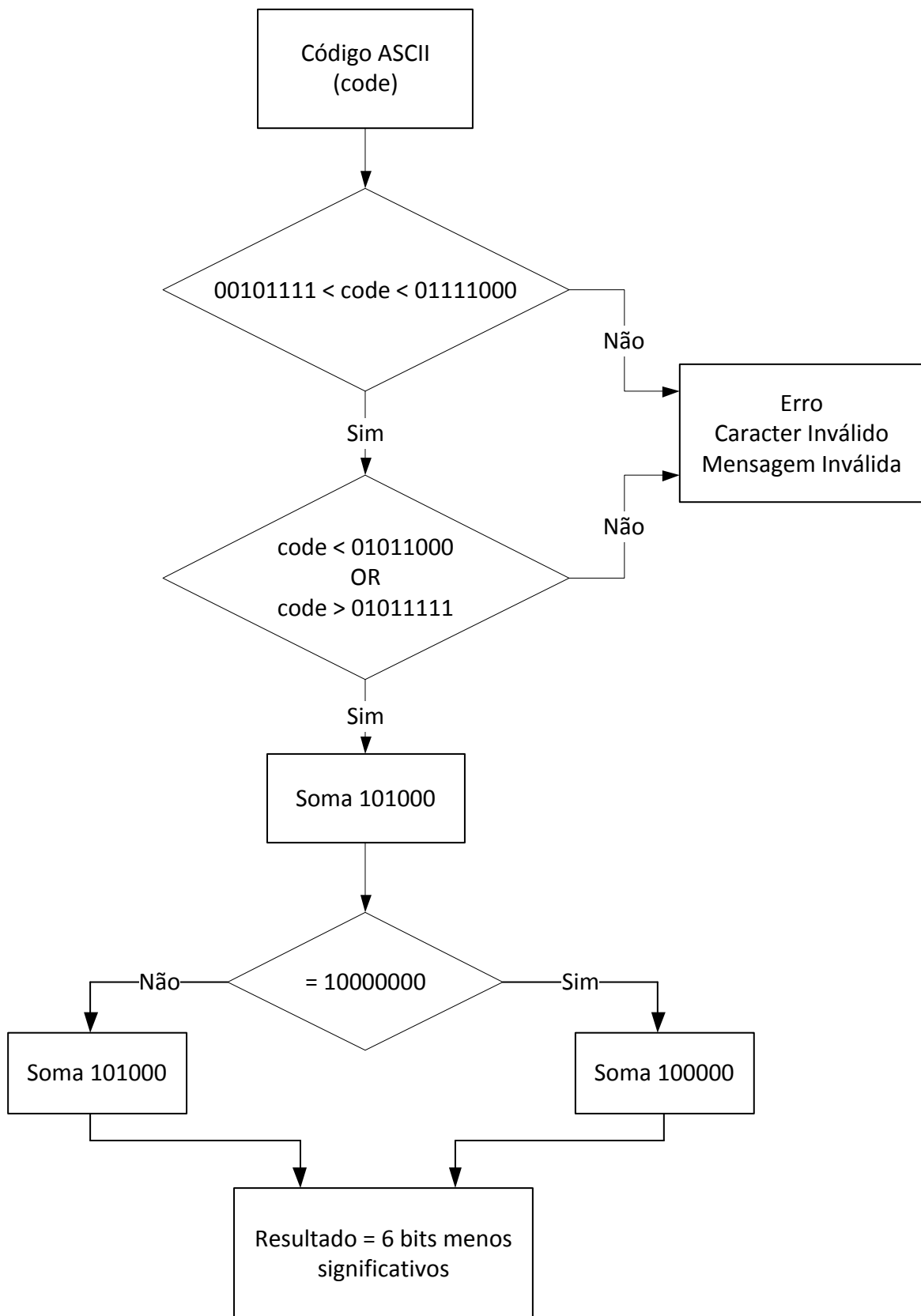


Figura 3.6 – Algoritmo para converter carácter ASCII em código binário 6 bits [15]

!AIVDM,1,1,,A,1P0000h1IT1svTP2r:43grwb0Eq4,0*01

Posição de Bits VDM (diagrama de referência)						Bits representados pelos caracteres								
1	2	3	4	5	6	1	→	0	0	0	0	0	1	Bits 1-6 - Identificador da mensagem
7	8	9	10	11	12	P	→	1	0	0	0	0	0	000001b = mensagem 1 – Relatório de
13	14	15	16	17	18	0	→	0	0	0	0	0	0	posição (ver tabela 15 de ITU-R
19	20	21	22	23	24	0	→	0	0	0	0	0	0	M.1371-1:2000 no Anexo A)
25	26	27	28	29	30	0	→	0	0	0	0	0	0	Bits 7-8 – Indicador de repetição
31	32	33	34	35	36	0	→	0	0	0	0	0	0	10b = 2 ⇒ mensagem repetida 2 vezes
37	38	39	40	41	42	O	→	0	1	1	1	1	1	Bits 9-38 – MMSI nº de utilizador
43	44	45	46	47	48	h	→	1	1	0	0	0	0	01111111b = 128
49	50	51	52	53	54	1	→	0	0	0	0	0	1	Bits 39-42 – Estado de navegação
55	56	57	58	59	60	I	→	0	1	1	0	0	1	0000b = 0 ⇒ a navegar a motor
61	62	63	64	65	66	T	→	1	0	0	1	0	0	<i>underway using engine</i>
67	68	69	70	71	72	1	→	0	0	0	0	0	1	Bits 43-50 – ROT (usar equação)
73	74	75	76	77	78	s	→	1	1	1	0	1	1	00000101b ⇒ +1,1°/minuto (direita)
79	80	81	82	83	84	v	→	1	1	1	1	1	0	Bits 51-60 – SOG (1/10 nós)
85	86	87	88	89	90	T	→	1	0	0	1	0	0	1001100100b ⇒ 61,2 nós
91	92	93	94	95	96	P	→	1	0	0	0	0	0	Bits 61 – Precisão do Posicionamento
97	98	99	100	101	102	2	→	0	0	0	0	1	0	0b = 0 ⇒ baixa (> 10 metros)
103	104	105	106	107	108	r	→	1	1	1	0	1	0	Bits 62-89 – Longitude (1/10000 min)
109	110	111	112	113	114	:	→	0	0	1	0	1	0	000011110111111010010010000b ⇒
115	116	117	118	119	120	4	→	0	0	0	1	0	0	27°05'00" Este
121	122	123	124	125	126	3	→	0	0	0	0	1	1	Bits 90-116 - Latitude (1/10000 min)
127	128	129	130	131	132	g	→	1	0	1	1	1	1	000001011101000101000010000b ⇒
133	134	135	136	137	138	r	→	1	1	1	0	1	0	mensagem 1
139	140	141	142	143	144	w	→	1	1	1	1	1	1	Bits 117-128 – COG (1/10°)
145	146	147	148	149	150	b	→	1	0	1	0	1	0	001110111111b ⇒ 95,9°
151	152	153	154	155	156	0	→	0	0	0	0	0	0	Bits 129-137 - Proa
157	158	159	160	161	162	E	→	0	1	0	1	0	1	10101111b ⇒ 351°
163	164	165	166	167	168	q	→	1	1	1	0	0	1	Bits 138-143 – Time Stamp
						4	→	0	0	0	1	0	0	110101b ⇒ 53 segundos após o
														minuto
														Bits 144-147 – Aplicações regionais
														0000b = 0 ⇒ sem aplicação regional
														Bit 148 – Sem utilidade
														Bit 149 - RAIM
														0b ⇒ RAIM não usado
														Bit 148 – Estado de Comunicação
														SOTDMA

Figura 3.7 – Exemplo de interpretação de mensagem VDM [15]

4 Sistema Desenvolvido

O sistema de monitorização, de bordo ou terrestre, envolveu o desenvolvimento de 3 aplicações:

- **SINAIS** – Sistema de monitorização e auxílio à navegação a bordo do navio. É uma ferramenta de auxílio à navegação, que permite visualizar o próprio navio, como os outros navios na proximidade e os seus dados relacionados com a navegação. Permite que a viagem seja monitorizada, lançando alertas caso o navio circule em zonas proibidas ou perigosas, ou se as velocidades permitidas forem ultrapassadas. Todas as comunicações por AIS são registadas num ficheiro.
- **MAIS** – Sistema de monitorização e controlo terrestre de tráfego náutico. Ferramenta que permite monitorizar todos os navios equipados com AIS dentro do alcance do VHF, na carta náutica da zona navegada. Também permite verificar os registos gravados pelo SINAIS, mas também do MAIS, para verificar se alguma regra de navegação foi violada.
- **Calibrador de Cartas** – Aplicação de suporte, usada para preparar as cartas náuticas digitalizadas, para poderem ser usadas no SINAIS e MAIS. A preparação envolve referenciar geograficamente a imagem da carta náutica, e associar as regras quanto às zonas permitidas de navegação e limites de velocidade impostos.

4.1 Arquitectura do Sistema

As aplicações deste projecto foram desenvolvidas utilizando uma arquitectura MVC, *model-view-controller*. Esta arquitectura modular permite separar os processos da aplicação, da interface com o utilizador, permitindo um desenvolvimento, manutenção e teste independentes.

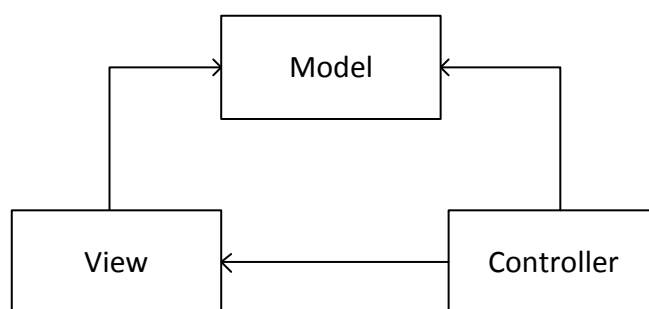


Figura 4.1 – Estrutura da Arquitectura MVC

O módulo *model* descreve as classes e estruturas de dados e o seu comportamento, satisfazendo os pedidos do estado dos dados, normalmente vindos do módulo *view*, e as instruções para mudança de estado, vindas habitualmente do módulo *controller*.

O módulo *view* é responsável por definir a interface gráfica, definindo a maneira como os dados, presentes no módulo *model*, são dispostos ao utilizador.

O módulo *controller* recebe as interações impostas pelo utilizador e instrui os dados, definidos no módulo *model*, e a interface gráfica, definida no módulo *view*, para reagir consoante os pedidos do utilizador.

O módulo *model* é comum nas 3 aplicações.

4.2 Classes Comuns

As classes do módulo *model* contêm as estruturas de dados e classes onde se encontram a informação que será necessário processar nas aplicações.

O módulo *model* está dividido em 2 partes. Numa parte estão todas as classes que contêm as informações necessárias para realizar todas as operações para cumprir os objectivos das aplicações. As classes e estruturas de dados mais importantes são:

- **AIS_seq** – Estrutura de dados que caracteriza a mensagem, indicando em quantas partes está dividida para ter todos os dados e a que parte pertencem os dados, qual a estação de AIS a que pertencem através do nº de MMSI.
- **AIS_ID_1** – Estrutura de dados que caracteriza as mensagens de AIS com identificador igual a 1, que têm os dados do relatório de posição, onde está contida a informação dinâmica dos navios. Ver Capítulo A1.1, Tabela A1.1.
- **AIS_ID_5** - Estrutura de dados que caracteriza as mensagens de AIS com identificador igual a 5, que têm os dados estáticos e relativos à viagem. Ver Capítulo A1.2, Tabela A1.2.
- **shipType** – Estrutura de dados que identifica e relaciona o código do tipo de navio com a devida descrição, presente na mensagem com identificador 5. Ver Capítulo A1.2, Tabela A1.3.
- **rotType** – Estrutura de dados que identifica o ritmo de viragem, ROT, *Rate Of Turn*. Converte o código presente na mensagem com identificador 1 em unidades °/min. Ver Tabela A1.1 do Capítulo A1.1.
- **sogType** – Estrutura de dados que identifica a velocidade do navio, SOG, *Speed Over Ground*, presente na mensagem com identificador 1. Ver Tabela A1.1 do Capítulo A1.1 dos Anexos.
- **cogType** – Estrutura de dados que identifica o rumo do navio, COG, *Course Over Ground*, presente na mensagem com identificador 1. Ver Tabela A1.1 do Capítulo A1.1 dos Anexos.
- **headType** – Estrutura de dados que identifica a proa do navio presente na mensagem com identificador 1. Ver Tabela A1.1 do Capítulo A1.1 dos Anexos.

- **draughtType** – Estrutura de dados que identifica o calado do navio presente na mensagem com identificador 5. Ver Tabela A1.2 do Capítulo A1.2 dos Anexos.
- **devType** - Estrutura de dados que identifica o tipo de dispositivo de posicionamento geográfico. Relaciona o código presente na mensagem com identificador 5 com a devida descrição. Ver Tabela A1.2 do Capítulo A1.2 dos Anexos.
- **accType** – Estrutura de dados que identifica a precisão do posicionamento geográfico. Relaciona o código presente na mensagem com identificador 5 com a devida descrição. Ver Tabela A1.2 do Capítulo A1.2 dos Anexos.
- **Chart** – Classe que caracteriza a carta náutica. Contém a imagem da carta náutica com e sem as respectivas máscaras para as zonas de navegação e para os limites de velocidade. Tem métodos para abrir e guardar as cartas náuticas e para verificar alertas de navegação.
- **chartInfo** – Classe que identifica as informações de uma carta náutica necessárias para a georeferenciação da imagem da carta.
- **posDDMM** – Estrutura de dados que descreve a componente da coordenada geográfica, a latitude ou longitude, em graus e minutos(dd°mm,mmm’).
- **posDMS** - Estrutura de dados que descreve a componente da coordenada geográfica, a latitude ou longitude, em graus, minutos e segundos (dd°mm’ss,sss’’).
- **geoCoord** – Estrutura de dados que descreve uma coordenada geográfica, com latitude e longitude, em graus, minutos e segundos.
- **Ship** – Classe que identifica um navio com todas as informações que o caracteriza, fonte das mensagens de AIS recebidas. Tem métodos para desenhar o navio.

Na outra parte estão presentes as ferramentas essenciais para conversão de coordenadas geográficas, para análise e extracção dos dados das mensagens de AIS e NMEA. Também contém outras ferramentas essenciais ao funcionamento das aplicações. As classes e estruturas de dados mais importantes são.:

- **VDMreader** – Classe utilizada para extracção dos dados numa mensagem de AIS e para a sua análise.
- **Converter** – Classe estática utilizada para conversão de coordenadas geográficas.
- **NMEAParser** – Classe estática utilizada para extracção dos dados contidos numa mensagem NMEA.
- **DriveDetector** – Classe que serve para identificar a inserção de um dispositivo USB.

4.3 SINAIS

4.3.1 Descrição

O SINAIS é um sistema para ser utilizado a bordo do navio para servir de apoio à navegação. O objectivo é ser utilizado como suporte no planeamento e monitorização da viagem. Tem como fonte de informação navegacional um transpondedor de AIS. O sistema não é para ser usado como ferramenta principal de apoio à navegação, sendo apenas um complemento aos restantes equipamentos de bordo como o Radar, Sonar, GNSS e as Cartas Náuticas de Papel.

O SINAIS lê imagens que são reproduções digitais exactas das cartas náuticas de papel oficiais, que são referenciadas geograficamente e identificadas quanto ao datum e à escala da carta original através do Calibrador de Cartas. Os dados cartográficos estão contidos nos ficheiros como meta dados.

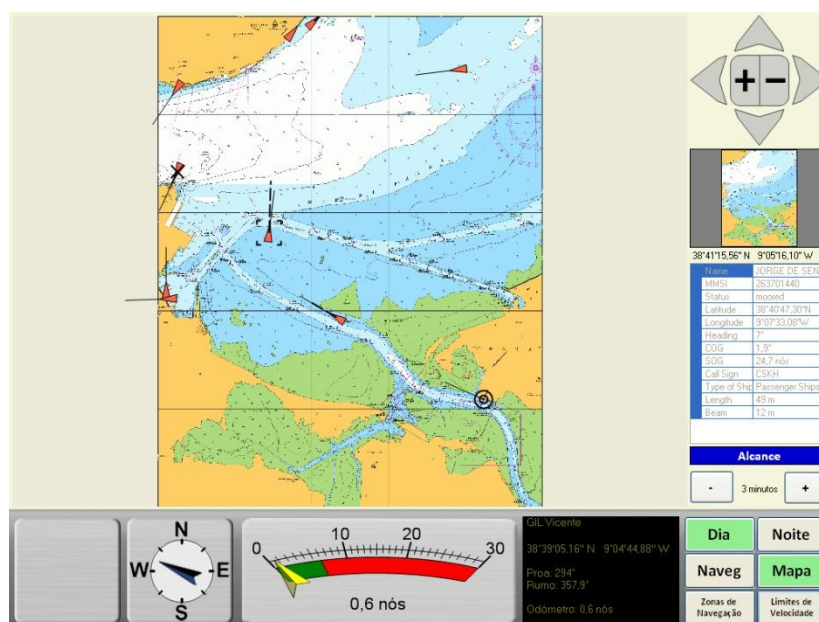


Figura 4.2 – SINAIS em modo diurno

A posição geográfica, tanto do próprio navio como dos navios circundantes, é disposta visualmente de maneira a aumentar a percepção situacional das águas navegadas. Os dados dinâmicos de navegação do próprio navio, que são adquiridos a partir dos sensores de navegação, tal como a velocidade, o rumo, a proa e a posição geográfica, são constantemente actualizados. Os dados do próprio navio também são continuamente representados e actualizados sobre a carta náutica digitalizada. Os outros navios, que estejam equipados com AIS e ao alcance de rádio VHF, são representados sobre a carta náutica, e os seus dados são fornecidos a pedido do utilizador. Os dados apresentados são:

- **Nome**
- **MMSI**
- **Estado de Navegação**
- **Latitude e Longitude**
- **Proa** (*True Heading*)
- **Rumo** (COG)
- **Velocidade** (SOG)
- **Sinal de Chamamento por Rádio** (*Call Sign*)
- **Tipo de Navio**
- **Dimensões do Navio** – Comprimento e Boca

O SINAIS lança alertas, para avisar o navegador caso esteja a navegar numa zona perigosa ou proibida, como se pode ver na Figura 4.3. Também tem à disposição um aviso quando o navio se encontra a uma velocidade superior à permitida. A informação relativa às zonas de navegação e limites de velocidade está contida na carta náutica digitalizada, como está explicado no Capítulo 4.5.2. Esta informação pode ser consultada pelo utilizador

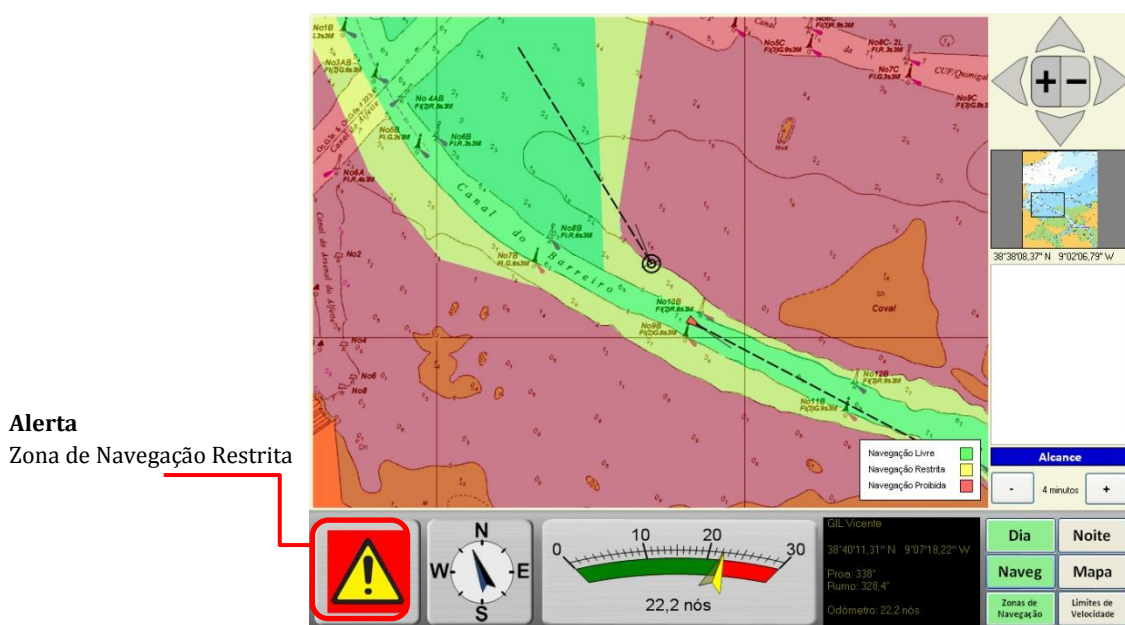


Figura 4.3 - SINAIS a alertar que o navio está a navegar em zona restrita

O sistema permite a visualização em dois esquemas de côr, para adaptar a luminosidade consoante seja dia (Figura 4.2) ou noite (Figura 4.4). O mapa é apresentado também nas duas versões, consoante as condições de luz. O utilizador pode escolher entre visualizar no modo “centrado no navio”, em que o mapa se movimenta em relação à representação do próprio navio, ou no modo “mapa” em que o utilizador pode navegar pelo mapa livremente. É possível visualizar a carta em várias escalas, e quando estas são elevadas, o próprio navio é representado

com um contorno das dimensões da embarcação (Figura 4.5), tal como o resto dos navios, caso tenham a informação relativa às suas dimensões disponíveis. Assim permite uma maior consciência situacional do utilizador em zonas de tráfego elevado.



Figura 4.4 - SINAIS em modo noturno. Usa um esquema de cor que evita excesso de luz na ponte

Pretende-se que a utilização do SINAIS seja simples e de fácil intuição, sendo possível realizar todas as operações num passo apenas. Todos os controlos presentes no SINAIS são adequados para serem usados através de um ecrã táctil, assim ajudando a aumentar a interactividade do utilizador. Este é o dispositivo de interface com o utilizador preferencial.



Figura 4.5 – Contorno do navio com as dimensões à escala. Apenas visualizada com escalas elevadas.

O SINAIS é instalado num computador com ecrã táctil, com o sistema operativo Windows Embedded Standard 7, tendo apenas os componentes estritamente necessários. Quando o SINAIS é instalado no computador é definido que será executado no arranque do computador,

para que os utilizadores tenham apenas acesso à aplicação. Assim previne-se que os utilizadores eliminem ou adulterem os registos lá guardados (Figura 4.6).

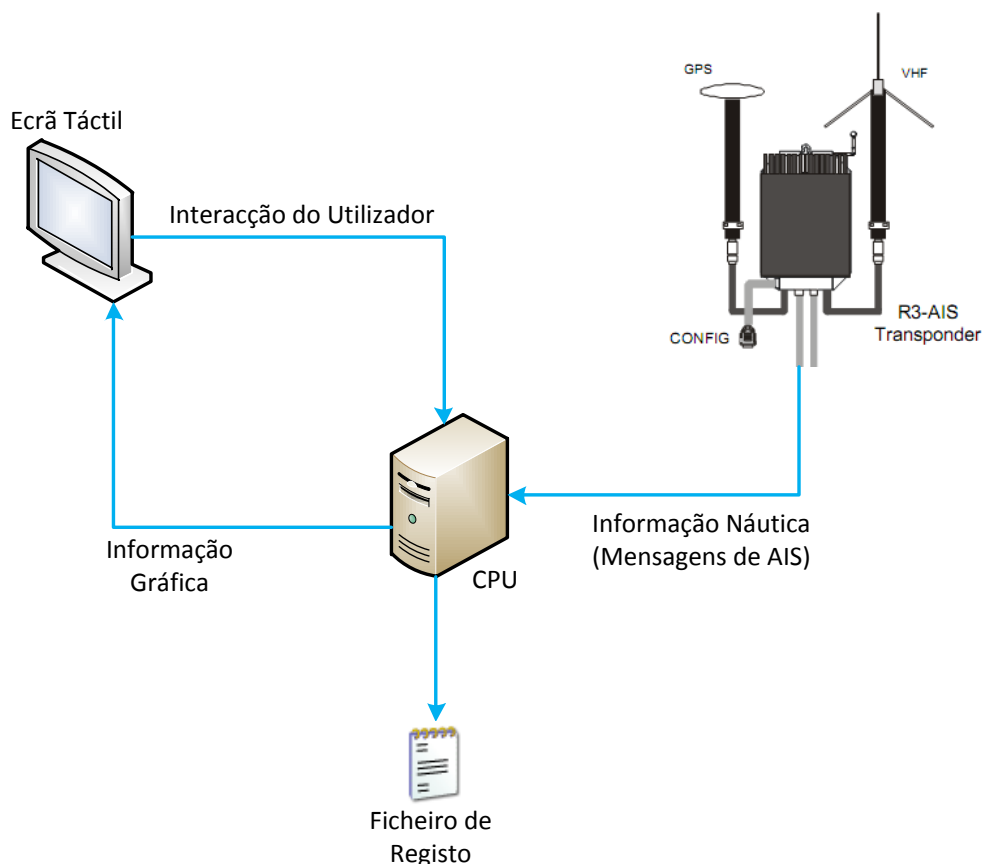


Figura 4.6- Arquitectura do SINAIS

Todas as mensagens de AIS enviadas e recebidas são gravadas num ficheiro para poderem ser analisadas e reproduzidas na aplicação de monitorização de tráfego náutico, MAIS. O ficheiro onde são guardadas as mensagens de AIS tem extensão *.txt, onde é guardada a mensagem e a hora do computador a que foi recebida. Cada vez que a aplicação é iniciada, ou quando um novo ficheiro de registo é criado, é registada data e a hora em que aconteceu. Cada ficheiro corresponde a um só dia de registos, e o nome é dado segundo o formato “AAAAMMdd.txt”, em que ‘AAAA’ corresponde ao ano, ‘MM’ ao mês e ‘dd’ ao dia. Tendo como exemplo o dia 1 de Novembro de 2010, o ficheiro correspondente vai ser 20101101.txt. Abaixo encontra-se um exemplo de como são registadas as mensagens no ficheiro:

```

Inicializado: 08-03-2010 0:00:00
12:00:00.000A      $GPVTG,,T,,,N,,K*03
12:00:00.187A      !AIVDM,1,1,,B,4000<@iuPkosgwEeK4F8@`700d0a,0*75
12:00:00.203A      $PMCAg,900,INI,L*4F
12:00:00.203A      !AIVDM,1,1,,B,D000<@hHANfpHAN9H0,4*16
12:00:00.218A      !AIVDO,1,1,,,1000@tnP?w<tSF014Q@>4?wv0P00,0*56
12:00:00.562A      !AIVDM,1,1,,B,13sO3IPP00OFL8nF7MFRC8uP0D0T,0*14
  
```



```

12:00:00.734A      $GPZDA,013600.00,14,03,2076,,*67
12:00:00.828A      $GPGGA,,,,,0,00,,,M,,M,,*66
12:00:00.906A      $GPVTG,,T,,,N,,K*03

```

A extracção dos ficheiros de registo realiza-se por meio de uma memória USB que tiver a chave adequada. Caso o SINAIS reconheça a chave correcta na memória USB, abre uma janela, ver Figura 4.7, onde se pode escolher os ficheiros de registo que se quiser analisar. A partir da aplicação de monitorização de tráfego náutico terrestre, MAIS, será feita a análise e reprodução das mensagens recebidas através de AIS (Figura 4.8).

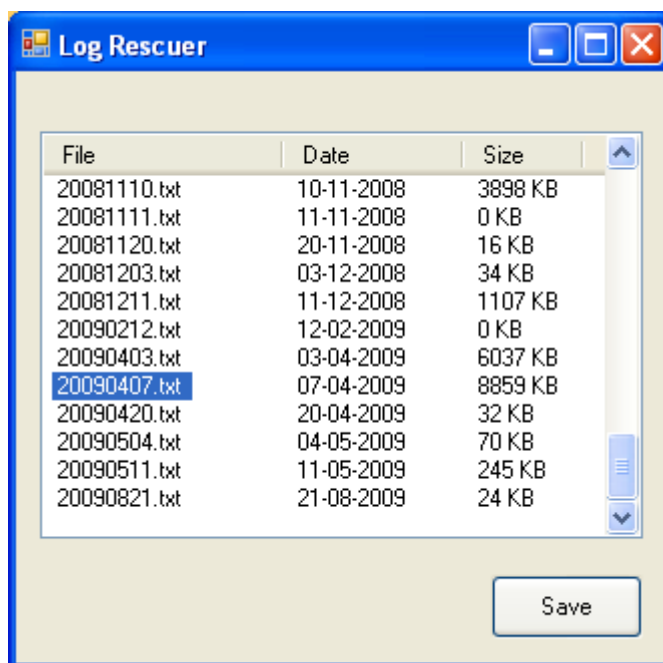


Figura 4.7 - Janela para extracção dos registos de mensagens de AIS



Figura 4.8 - Comunicação dos Registos de Navegação entre aplicações

4.4 MAIS

4.4.1 Descrição

O MAIS foi a aplicação desenvolvida para estar instalada numa estação terrestre. Os seus principais objectivos são a monitorização do tráfego náutico terrestre e a reprodução e análise das rotas efectuadas pelos navios, através dos registos de mensagens de AIS gravados pelo SINAIS e pelo MAIS.

Como ferramenta de monitorização, o MAIS funciona de maneira semelhante ao SINAIS. O factor diferenciador é a estação de AIS, onde está ligado o MAIS, não ter representação na carta náutica, por servir como posto de monitorização terrestre. Assim, não existem os alertas que são dados para o SINAIS.

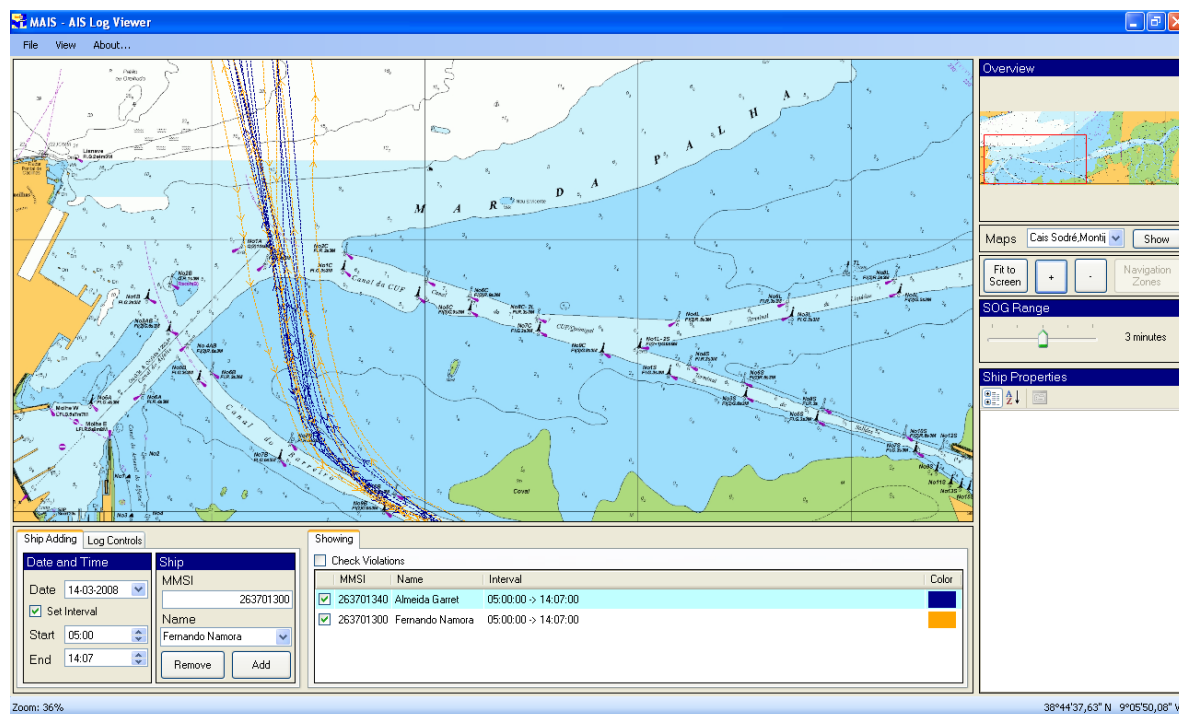


Figura 4.9 - Análise das rotas dos navios "Almeida Garrett" e "Fernando Namora"

A principal funcionalidade do MAIS é permitir analisar e reproduzir as viagens registadas tanto no SINAIS como no MAIS. Para analisar a rota realizada por um navio, o utilizador pode seleccionar a data e o intervalo de rotas pretendidas, que a aplicação vai traçar a rota pedida. O sistema também pode pedir para traçar rotas realizadas por diferentes navios como se pode ver na Figura 4.9. Depois das rotas traçadas, o utilizador pode pedir para o sistema mostrar em que partes das rotas os navios escolhidos violaram as regras, quanto às zonas de navegação ou quanto aos limites de velocidade. Dentro da lista de violações realizadas por uma embarcação, o utilizador pode saber a que horas e as condições de ocorrência. Ao escolher cada uma das ocorrências, o utilizador vai ter representado o navio na carta e os seus dados revelados na caixa "Ship Properties", como se pode ver na Figura 4.10.

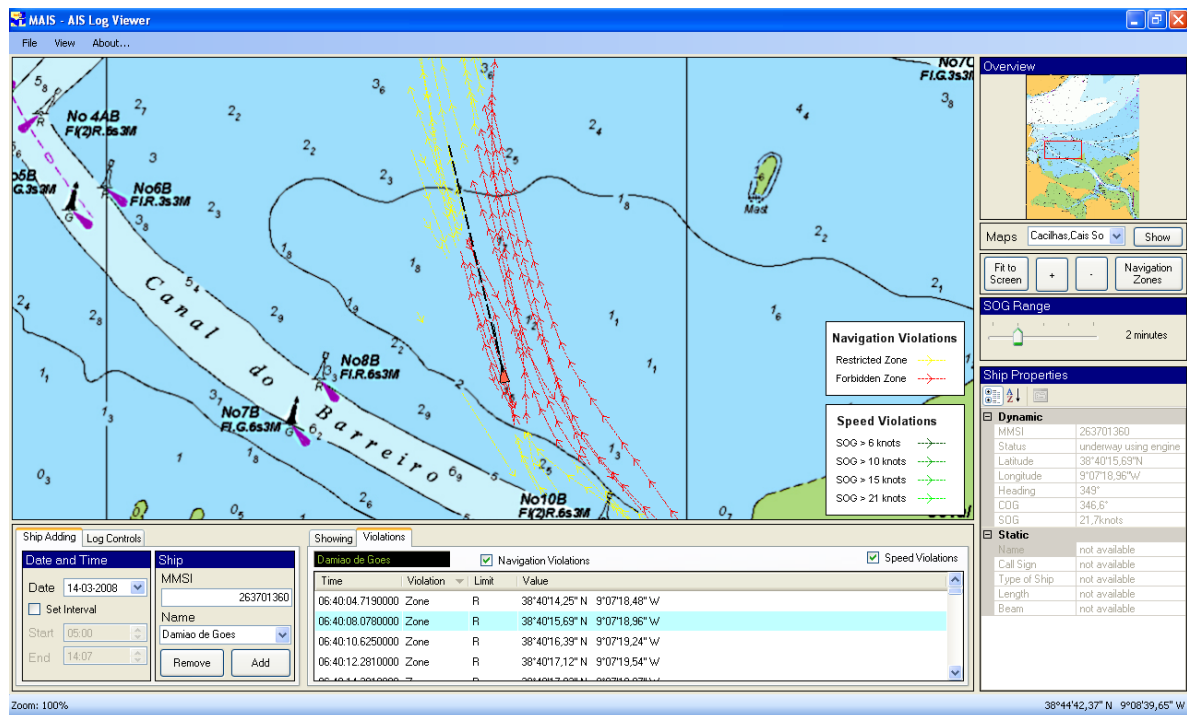


Figura 4.10 - Traçado das violações pelo navio "Damião de Goes". Análise da ocorrência às 6:40:08.

O utilizador tem a opção de reproduzir a situação representada pelo traçado das rotas, a velocidades diferentes, e com a possibilidade de avançar no tempo para escolher o momento que precisa de analisar em mais pormenor, como se pode ver na Figura 4.11.

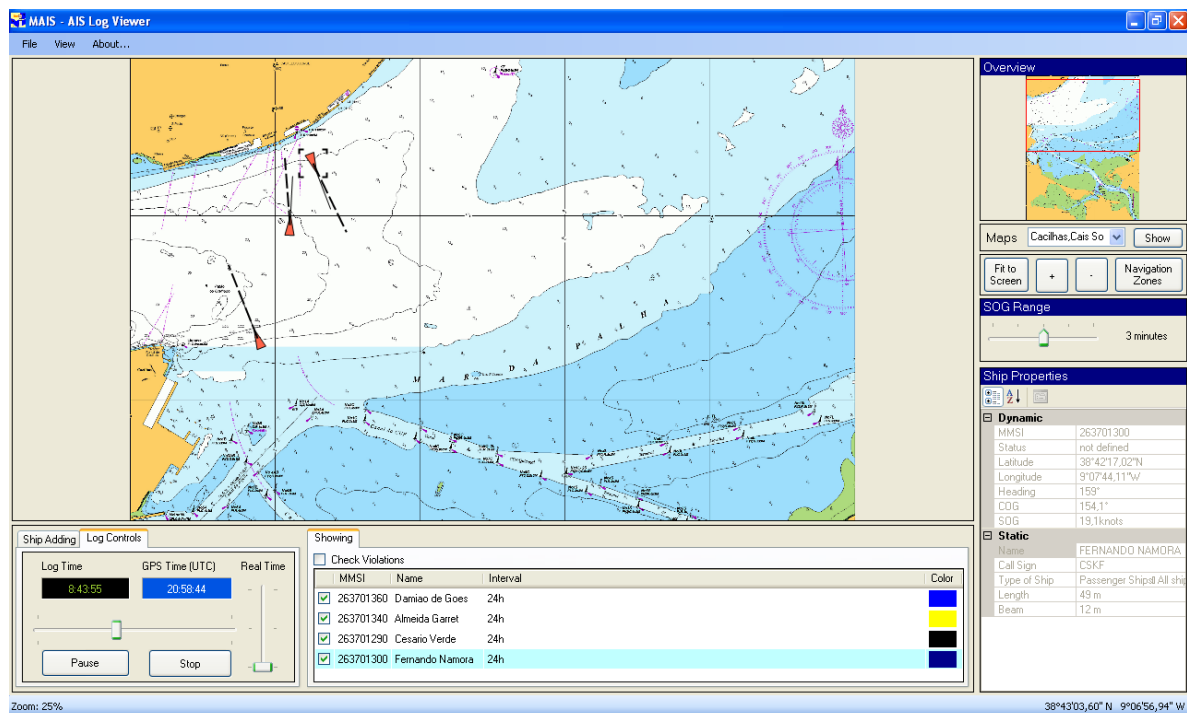


Figura 4.11 - Reprodução das rotas efectuadas pelos 4 navios presentes na caixa "Showing"

O MAIS permite ler conjuntos de cartas náuticas em vez de uma imagem só, possibilitando a alteração, de um modo fácil, de uma carta para a adjacente.

4.5 Calibrador de Cartas

4.5.1 Descrição

O Calibrador de Cartas é uma aplicação de suporte que serve para preparar as imagens que são reproduções digitais exactas da carta náutica oficial de papel, para poderem ser utilizadas no MAIS e no SINAIS. Para as cartas náuticas poderem ser lidas pelas 2 aplicações de monitorização de navegação, é necessário referenciar geograficamente as imagens. Também é preciso associar as imagens que contêm as máscaras das zonas de navegação e dos limites de velocidade.

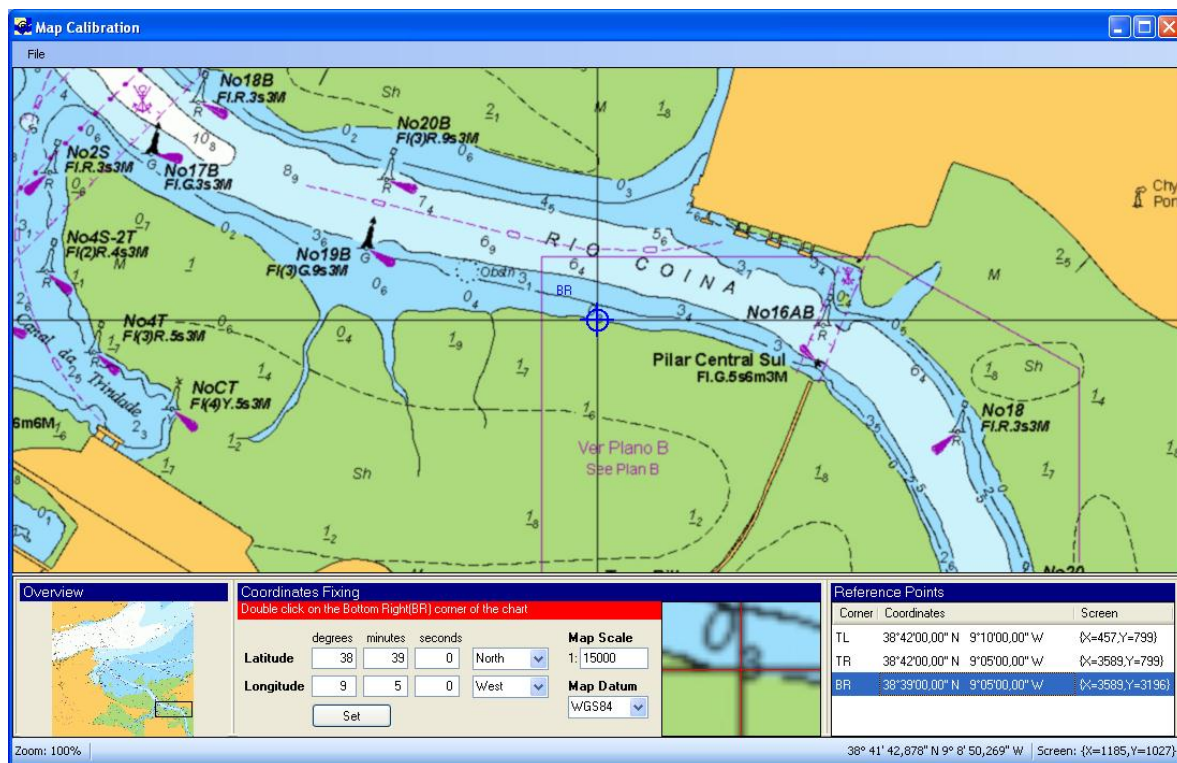


Figura 4.12- Calibrador de Mapas. Determinação dos pontos de referência geográfica

4.5.2 Calibração

As imagens das cartas náuticas oficiais, para poderem ser utilizadas, as coordenadas de ecrã (pixels) têm de estar referenciadas com as coordenadas geográficas (dd°mm'ss'') correspondentes. Para tal é necessário estabelecer um rectângulo de referenciação, ver Figura 4.13, enquadrado com as margens da imagem. Para referenciar a imagem geograficamente e estabelecer os dados cartográficos, é preciso cumprir com os seguintes passos:

1. Marcar a referência do canto superior esquerdo (SE) do rectângulo na imagem, e identificar a coordenada geográfica correspondente
2. Marcar a referência do canto superior direito (SD) do rectângulo na imagem, e identificar a coordenada geográfica correspondente

3. Marcar a referência do canto inferior direito (ID) do rectângulo na imagem, e identificar a coordenada geográfica correspondente
4. Inserir informação cartográfica da carta náutica, quanto à escala original e ao *datum*

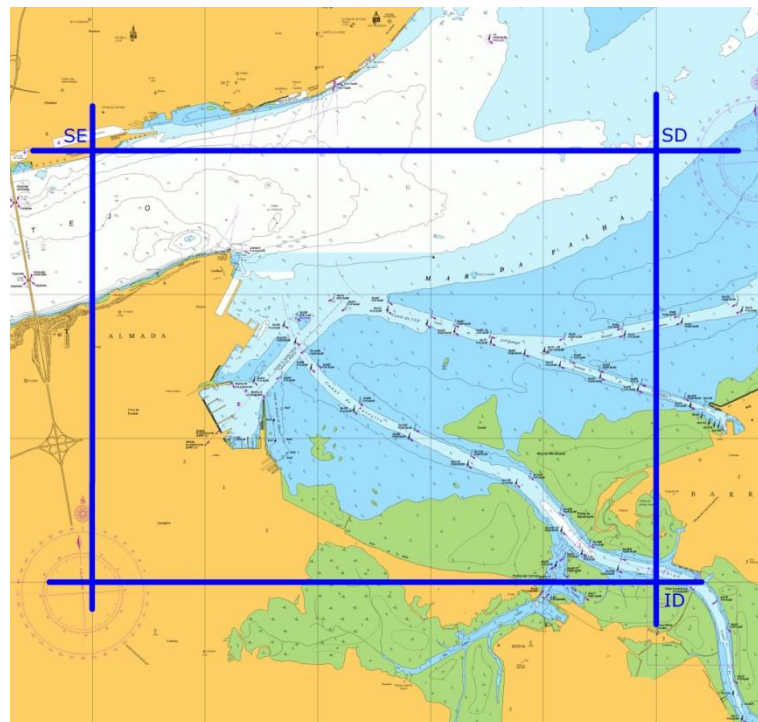


Figura 4.13 - Rectângulo de referenciação sobre a carta náutica

Esta informação é guardada como meta dados da imagem da carta náutica, possibilitando a conversão de qualquer coordenada geográfica presente na carta náutica, para as coordenadas de ecrã correspondente. Os meta dados incluídos na imagem são os seguintes:

- **Latitude do topo do rectângulo de referenciação**
[graus minutos segundos]
- **Orientação da Latitude de topo**
N ou S
- **Longitude da extremidade esquerda do rectângulo de referenciação**
[graus minutos segundos]
- **Orientação da Longitude da extremidade esquerda**
E ou W
- **Largura do rectângulo de referenciação em coordenadas geográficas**
[graus minutos segundos]
- **Altura do rectângulo de referenciação em coordenadas geográficas**
[graus minutos segundos]
- **Coordenada de Ecrã do topo do rectângulo de referenciação (*pixels*)**

- **Coordenada de Ecrã da extremidade esquerda do rectângulo de referenciação** (*pixels*)
- **Largura do rectângulo de referenciação em coordenadas de ecrã** (*pixels*)
- **Altura do rectângulo de referenciação em coordenadas de ecrã** (*pixels*)
- **Escala da carta náutica em papel**
- ***Datum* da carta náutica em papel**

No final, quando se vai guardar a carta náutica já referenciada, é necessário juntar a esta imagem, as seguintes imagens:

- Imagem da carta náutica com esquema de cores para modo nocturno (Figura 4.15)
- Máscaras de Alertas de Segurança, uma para as zonas de navegação e outra para os limites de velocidade (Figura 4.16)
- 2 imagens da Carta Náutica em modo diurno sobrepostas com as máscaras de Zonas de Navegação e dos Limites de Velocidade respectivamente (Figura 4.14)
- 2 imagens da Carta Náutica em modo nocturno sobrepostas com as máscaras de Zonas de Navegação e dos Limites de Velocidade respectivamente (Figura 4.14)

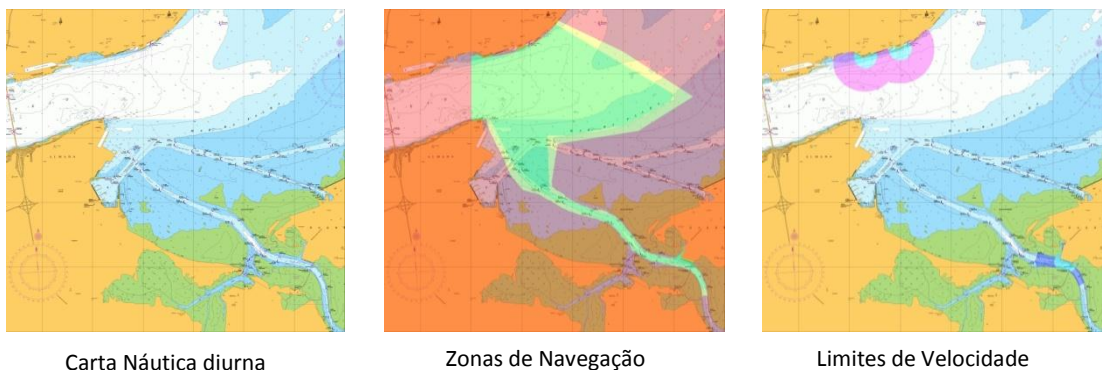
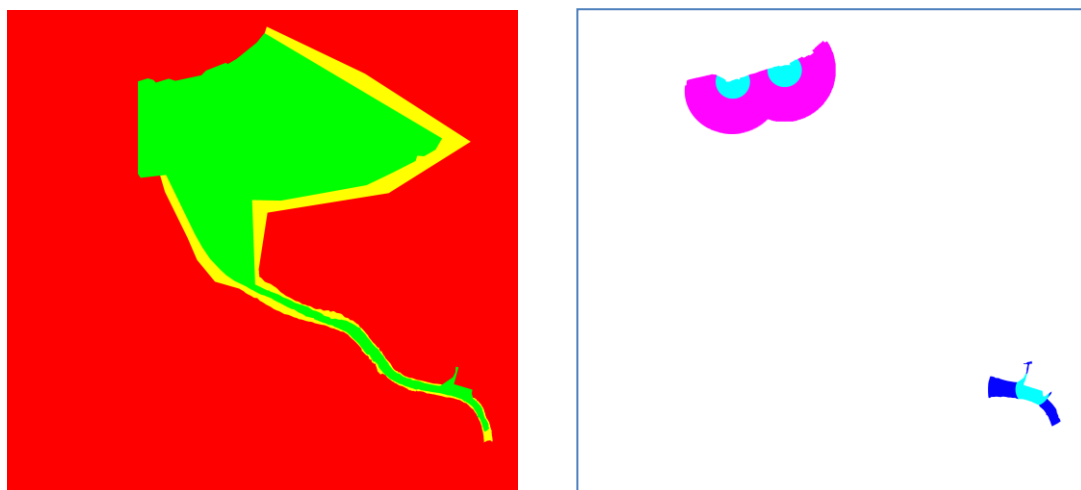


Figura 4.14 – Carta Náutica diurna com as máscaras de zonas de navegação e de limites de velocidade sobrepostas



Figura 4.15 - Carta Náutica diurna com as máscaras de zonas de navegação e de limites de velocidade sobrepostas



Zonas de Navegação

Limites de Velocidade

Figura 4.16 – Máscaras utilizadas para verificar a ocorrência de alertas

No final, o Calibrador de Cartas cria um ficheiro de extensão *.ficheiro.sin* onde se encontram os nomes dos ficheiros onde está cada uma das imagens. Na mesma directoria do ficheiro *ficheiro.sin* é criada uma directoria com o nome “*ficheiro.sin Images*” onde estarão guardadas todas as cartas náuticas e as máscaras referidas.

4.6 Cartas Náuticas Utilizadas

As cartas escolhidas para serem utilizadas pelo SINAIS, tal como para o MAIS, foram Cartas Náuticas *Raster*, imagens que são reproduções digitais exactas das cartas náuticas de papel oficiais. Esta escolha deve-se ao facto de ser menos complexo interpretar os ficheiros de imagem relativos às Cartas *Raster*, do que os dados relativos às informações geográficas e dos objectos de navegação nos ficheiros das cartas vectoriais. As cartas náuticas digitais que o Instituto Hidrográfico tinha disponível eram unicamente as reproduções exactas digitais das cartas náuticas em papel, assim a melhor solução seria adoptar as Cartas Náuticas *Raster*.

Para as imagens relativas às Cartas Náuticas do Porto de Lisboa, disponibilizadas pelo Instituto Hidrográfico, poderem ser utilizadas tanto pelo SINAIS, tal como pelo MAIS, é necessário serem referenciadas geograficamente pelo Calibrador de Cartas, tal como foi explicado no Capítulo 4.5.2.

No final, cada Carta Náutica a utilizar, tanto pelo SINAIS como pelo MAIS, é um conjunto de imagens composto pela carta náutica para modo diurno, pela carta náutica para modo nocturno, as respectivas máscaras com a informação relativa aos limites de velocidade e às zonas de navegação e as sobreposições das máscaras citadas com as imagens em modo diurno e em modo nocturno.

A necessidade de ter imagens para o modo noturno, que é uma versão da carta náutica composta por cores escuras, deve-se a não causar interferência aos navegadores à noite, enchendo a ponte com luz e tornando mais difícil ver o que se passa exteriormente.

4.7 Tecnologia Utilizada

4.7.1 Hardware

O sistema de AIS utilizado durante o desenvolvimento e os testes das aplicações foi um R3-AIS Transponder. O transpondedor é utilizado para lidar com as comunicações de dados de rádio VHF entre o navio e os outros navios. Tem imbutido um receptor GPS para sincronização da comunicação VHF.

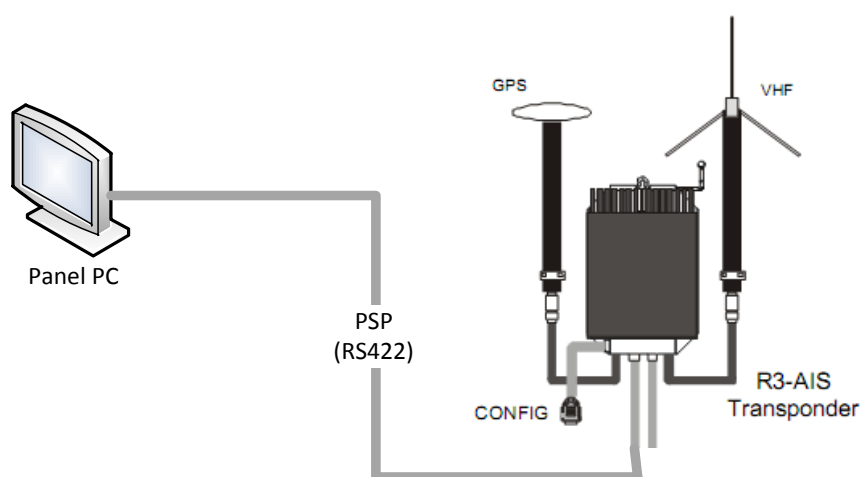


Figura 4.17 - Configuração do sistema de apoio à navegação SINAIS

No caso do SINAIS, o transpondedor está ligado a um Panel PC com ecrã tátil, que serve como interface ao utilizador, onde a aplicação está instalada, através de comunicação série RS422 (Figura 4.17). O MAIS pode ser instalado num computador pessoal, mas a comunicação entre o transpondedor e o computador tem de ser feita por intermédio de uma conversor de comunicação série de RS422 para RS232.

4.7.2 Software

As aplicações desenvolvidas para este projecto foram desenvolvidas na linguagem C# no ambiente de desenvolvimento Microsoft Visual Studio .NET 2008.

A aplicação de monitorização de bordo SINAIS e o Calibrador de Mapas foi desenvolvido em .NET Framework 2.0. A aplicação de monitorização costeira foi desenvolvida em .NET Framework 3.5. O C# foi escolhida como linguagem de programação para desenvolver este projecto, devido às suas boas potencialidades e pela familiaridade dentro do grupo de apoio.

O sistema operativo escolhido para ser instalado no Panel PC que albergava o SINAIS foi o Windows Embedded Standard 7. Devido ao seu carácter modular foi possível compilar uma instalação com os componentes estritamente necessários para os requisitos do SINAIS, conseguindo assim o melhor desempenho do computador para os objectivos pretendidos.

5 Conclusões

5.1 Avaliação do Sistema

Neste projecto foi desenvolvido um sistema de apoio à navegação que permite aumentar a percepção situacional da navegação marítima ao utilizador. Este utiliza o sistema de informação náutica *Automatic Information System* (AIS). Para tal foram desenvolvidas 2 aplicações. Uma aplicação de monitorização e apoio à navegação a bordo, o **SINAIS**, uma aplicação de monitorização de tráfego marítimo e de frota, o **MAIS**. Ainda foi desenvolvida uma 3ª aplicação de suporte, o **Calibrador de Cartas**, para preparar imagens que são reproduções digitais exactas de cartas náuticas oficiais para poderem funcionar no **SINAIS** e no **MAIS**.

O **SINAIS** possibilita, através do AIS, uma contínua informação dos dados de navegação da própria embarcação, e uma percepção em tempo real da posição e dos dados de todos os navios que estejam equipados com AIS e ao alcance de rádio VHF. Todos os dados relativos ao AIS são registados para uma posterior análise no **MAIS**. Também permite alertar o navegador caso o navio esteja a cruzar uma área perigosa ou interdita de navegação, ou se os limites de velocidade forem superiores aos supostos em determinadas zonas. Todas as operações possíveis do **SINAIS** são de realização simples e intuitiva, com controlos com uma dimensão adequada para serem usados num dispositivo com ecrã táctil. O **SINAIS** esteve em testes no navio de transporte de passageiros “Almeida Garrett” (Figura 5.1) da Soflusa onde se veio verificar que possibilitava um aumento da segurança da navegação, por ser um bom complemento aos equipamentos a bordo, dando a possibilidade de verificar automaticamente e continuamente a posição do próprio navio na carta náutica, dando um especial contributo em alturas em que as condições atmosféricas dificultem a navegação. Os alertas que pode lançar também vieram dar uma maior consciência aos mestres para a iminência de colocar o navio numa situação perigosa.

O **MAIS** permite uma monitorização em tempo real da navegação da frota e do resto das embarcações, desde que estejam equipadas com AIS, dando acesso às informações mais importantes a pedido do utilizador. Também permite a análise das rotas realizadas pelos navios a partir do acesso aos registos guardados a partir do **SINAIS** e do **MAIS**. A análise permite a verificação dos momentos e condições em que um navio da frota tenha navegado sobre uma zona proibida ou restrita, ou caso tenha ultrapassado o limite de velocidade estabelecido. Também é possível realizar uma reprodução da viagem realizada para as rotas em questão a diferentes velocidades, para facilitar a análise de situações. Esta ferramenta possibilita uma melhor verificação de responsabilidades em relação a acidentes ocorridos por um navio da frota, sem ter de recorrer aos registos do VTS local, e facilitando a gestão da frota. Esta aplicação foi

instalada nos escritórios da Transtejo em Cacilhas e nos escritórios da Soflusa no Barreiro, dando um importante auxílio à gestão da frota.

O **SINAIS** aguarda a homologação pelo IPTM - Instituto Português de Transportes Marítimos, para que possa ser utilizado oficialmente a bordo dos navios. Também foi apresentado a nível nacional aquando das Jornadas Tecnológicas da Presidência da República e demonstrado no stand da TRANSTEJO/SOFLUSA durante a exposição Portugal Tecnológico na FIL - Feira Internacional de Lisboa. A nível internacional, foi apresentado no 28th Waterborne Transport Committee Meeting que decorreu em Veneza de 18 a 20 de Outubro de 2009.



Figura 5.1 – SINAIS instalado no “Almeida Garrett”

6 Referências

- [1] Northport Systems, Inc., Fugawi Global Navigator GPS Navigation Software. *Fugawi GPS Navigation and Mapping Software Homepage*. [Online] http://www.fugawi.com/web/products/fugawi_global_navigator.htm.
- [2] MaxSea International., Panbo: The Marine Electronics Weblog: "Time Zero", the second meaning. *Panbo: The Marine Electronics Weblog*. [Online] 30 de Novembro de 2007. [Citação: 18 de Outubro de 2010.] http://www.panbo.com/archives/2007/11/time_zero_the_second_meaning.html.
- [3] —. MaxSea Time Zero Features List. *MaxSea Time Zero - Marine Software*. [Online] 2010. [Citação: 18 de Outubro de 2010.] <http://www.maxsea.fr/timezero/Products/SolutionsCompar%C3%A9s/tabid/87/language/en-US/Default.aspx>.
- [4] Campbell, Bruce A. e McCandless Jr., Samuel Walter., *Introduction to Space Sciences and Spacecraft Applications*. Houston : Gulf Publishing Company, 1996. ISBN 0-88415-411-4.
- [5] Tetley, Laurie e Calcutt, David., "Electronic Navigation Systems. - 3rd ed. ." Oxford : Butterworth-Heinemann, 2001.
- [6] União Europeia., Europa - Press Releases - Commission awards major contracts to make Galileo operational early 2014. *Europa*. [Online] [Citação: 3 de Setembro de 2010.] <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/10/7&language=en>.
- [7] International Hydrographic Organization., "Product Specification for Raster Navigational Charts (RNC)." 1999. IHO S61.
- [8] International Maritime Organization., "Performance Standards for Electronic Chart Display and Information Systems (ECDIS)." 1995. IMO Res. A.817(19).
- [9] International Hydrographic Organization., "Electronic Navigational Charts (ENCs) "Production Guidance"." Dezembro 1999. IHO S-65.
- [10] International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities., "IALA Guideline No. 1028 On The Automatic Identification System (AIS) Vol.1 Part I - Operational Issues." December 2004.

[11] United States Coast Guard., Automatic Identification System Overview - USCG Navigation Center. *U.S. Coast Guard Navigation Center*. [Online] [Citação: 12 de Setembro de 2010.] <http://www.navcen.uscg.gov/index.php?pageName=AIS>.

[12] —. Types of Automatic Identification Systems - USCG Navigation Center. *U.S. Coast Guard Navigation Center*. [Online] [Citação: 12 de Setembro de 2010.] <http://www.navcen.uscg.gov/?pageName=typesAIS>.

[13] —. How AIS Works - USCG Navigation Center. *U.S. Coast Guard Navigation Center*. [Online] [Citação: 18 de Setembro de 2010.] <http://www.navcen.uscg.gov/index.php?pageName=AISworks>.

[14] —. What AIS Broadcasts - USCG Navigation Center. *USCG Navigation Center*. [Online] [Citação: 12 de Setembro de 2010.]

[15] International Electrotechnical Commission., "Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems – Automatic identification systems (AIS) – Part 2: Class A shipborne equipment of the universal AIS – Operational and performance requirements, methods of test and required test results." 2001. IEC 61993-2.

Anexos

Anexo 1 – Estrutura das mensagens de AIS

Neste Anexo define-se a estrutura das mensagens de AIS que são principalmente utilizadas para o funcionamento do SINAIS e do MAIS. As mensagens que são abordadas neste anexo são o relatório de posição, identificado com 1, 2 ou 3, e a mensagem com dados estáticos e relacionados com a viagem, identificado com 5.

Relatório de Posição

A estrutura da mensagem de Relatório de Posição, que contém principalmente dados de navegação dinâmicos e deve ser considerada como uma mensagem prioritária, está descrita na Tabela A1.1.

Parâmetro	Nº de bits	Descrição
Identificador da Mensagem	6	Identificador para esta mensagem (1,2 ou 3)
Indicador de Repetição	2	Utilizado pelo repetidor para indicar quantas vezes a mensagem foi repetida 0-3; <i>default</i> = 0; 3 = não repete mais
Identificação de Utilizador	30	Nº MMSI
Estado de Navegação	4	0 = a navegar a motor; 1 = ancorado; 2 = sem comando; 3 = manobrabilidade limitada; 4 = limitado pelo calado; 5 = atracado; 6 = em terra; 7 = a pescar; 8 = a navegar à vela; 9-14 = reservado para uso futuro; 15 = não definido = <i>default</i>
<i>Rate of Turn</i> ROT _[AIS]	8	±127 $ROT_{[AIS]} = 4,733 \sqrt{ROT_{[IND]}} \text{ } ^\circ/\text{minuto}$ ROT _[IND] é o valor indicado pelo sensor do navio +127 = a virar à direita a 720 °/minuto ou mais -127 = a virar à esquerda a 720 °/minuto ou mais -128 = 80 hex = não disponível = <i>default</i>
Velocidade SOG	10	Velocidade com resolução 1/10 nós 0-102,2 nós 1023 = não disponível; 1022 = 102,2 nós ou mais
Precisão de Posicionamento	1	1 = alta (<10 m); 0 = baixa (>10 m) 0 = <i>default</i>
Longitude	28	Longitude com resolução 1/10 000' ±180°; Este = positivo; Oeste = negativo 181° = 6791AC0 hex = não disponível = <i>default</i>
Latitude	27	Longitude com resolução 1/10 000' ±90°; Norte = positivo; Sul = negativo 91° = 3412140 hex = não disponível = <i>default</i>
Rumo COG	12	Rumo com resolução 1/10° 0-3599; 3600 = E10 hex = não disponível = <i>default</i> ; 3601-4095 não são usados
Proa	9	Proa com resolução 1° 0-359; 511 = não disponível = <i>default</i>
Marca Temporal <i>Time Stamp</i>	6	Segundo UTC quando a mensagem foi criada 0-59 60 = não disponível = <i>default</i> 61 = Posicionamento em modo manual 62 = GNSS em modo de estimativa (<i>dead reckoning</i>) 63 = GNSS inoperacional

Parâmetro	Nº de bits	Descrição
Reservado para Aplicações Regionais	4	Reservado para ser definido por uma autoridade regional competente; 0 = não usado = <i>default</i>
Sem Uso	1	Não é usado. Deve ser igual a 0
RAIM Flag	1	RAIM (<i>Receiver Autonomous Integrity Monitoring</i>) flag do GNSS; 0 = RAIM não usado = <i>default</i> ; 1 = RAIM usado
Estado de Comunicação	19	Ver 3.3.7.2.2 e 3.3.7.3.2 em ITU-R M.1371-1
Nº Total de bits	168	

Tabela A0.1 – Estrutura da Mensagem de Relatório de Posição

Dados Estáticos e Relacionados com a Viagem

Esta mensagem é apenas usada por estações de AIS de Classe A quando são transmitidos os dados de navegação estáticos e relacionados com a viagem. Normalmente é transmitida em intervalos de 6 minutos mas pode ser igualmente ser fruto de um pedido destes dados específicos. A estrutura da mensagem está descrita na Tabela A1.2.

Parâmetro	Nº de bits	Descrição
Identificador da Mensagem	6	Identificador para esta mensagem (1,2 ou 3)
Indicador de Repetição	2	Utilizado pelo repetidor para indicar quantas vezes a mensagem foi repetida 0-3; <i>default</i> = 0; 3 = não repete mais
Identificação de Utilizador	30	Nº MMSI
Indicador de Versão do AIS	2	0 = Estação conforme AIS Edição 0; 1-3 = Estação conforme AIS Edição 1, 2 e 3
Identificação IMO	30	1-999999999; 0 = não disponível = <i>default</i>
Sinal de Chamamento	42	7 caracteres de 6 bits ASCII; “@@@@@” = não disponível = <i>default</i>
Nome do Navio	120	Máximo de 20 caracteres de 6 bits ASCII; “@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@” = não disponível = <i>default</i>
Tipo de Navio e de Carga	8	0 = não disponível = <i>default</i> ; 1-99 = definido na Tabela A1.3 100-199 = reservado para uso regional; 200-255 = reservado para uso futuro
Dimensão do Navio e Referência da Posição	30	Ver Figura A1.1
Tipo de Dispositivo Electrónico de Posicionamento	4	0 = Indefinido = <i>default</i> ; 1 = GPS; 2 = GLONASS; 3 = GPS e GLONASS combinado; 4 = Loran-C; 5 = Chayka; 6 = <i>Integrate Navigation System</i> ; 7 = estimado; 8 = Galileo; 9-15 = não usado
Hora Prevista de Chegada ETA	20	<i>Estimated Time of Arrival</i> ; MMDDHHMM UTC Bits 19-16: Mês; 1-12; 0 = não disponível = <i>default</i> Bits 15-11: Dia; 1-31; 0 = não disponível = <i>default</i> Bits 10-6: Hora; 0-23; 24 = não disponível = <i>default</i> Bits 5-0: Minutos; 0-59; 60 = não disponível = <i>default</i>
Máximo Calado Estático	8	Resolução de 1/10 metros; 255 = calado de 25,5 m ou maior; 0 = não disponível = <i>default</i> ; em concordância com Resolução IMO A.851
Destino	120	Máximo de 20 caracteres de 6 bits ASCII; “@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@” = não disponível = <i>default</i>
DTE	1	<i>Data terminal ready</i> ; 0 = disponível; 1 = não disponível = <i>default</i>

Parâmetro	Nº de bits	Descrição
Sem Uso	1	Não é usado. Deve ser igual a 0. Reservado para uso futuro
Nº Total de Bits	424	São necessárias 2 mensagens

Tabela A1.2 – Estrutura da Mensagem de Dados Estáticos e Relacionados com a Viagem

Primeiro Algarismo		Segundo Algarismo	
0	Não usado	0	Todos os navios deste tipo
1	Reservado para uso futuro	1	Carregando Bens ou Substâncias Perigosas ou Poluentes Marinhos ou poluente de categoria A
2	WIG (<i>Wing-In-Ground</i>)	2	Carregando Bens ou Substâncias Perigosas ou Poluentes Marinhos ou poluente de categoria B
3	Ver Tabela A1.4	3	Carregando Bens ou Substâncias Perigosas ou Poluentes Marinhos ou poluente de categoria C
4	HSC (<i>High Speed Craft</i>)	4	Carregando Bens ou Substâncias Perigosas ou Poluentes Marinhos ou poluente de categoria D
5	Ver Tabela A1.5	5	Reservado para uso futuro
6	Navio de Passageiros	6	Reservado para uso futuro
7	Cargueiros	7	Reservado para uso futuro
8	Navios Tanque	8	Reservado para uso futuro
9	Outros tipos de Navios	9	Sem informações adicionais

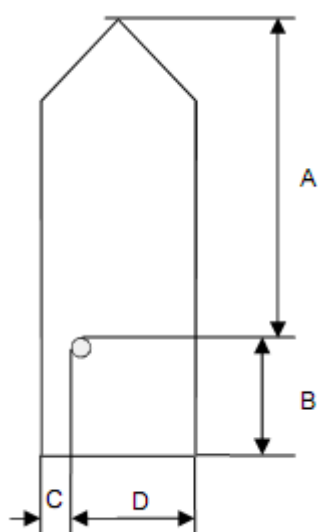
Tabela A1.3 – Identificadores dos Tipos de Navios

Identificador	Classificação de Outros Tipos de Embarcações
30	A Pescar
31	A Rebocar
32	A Rebocar e o comprimento do rebocado excede os 200 m ou a largura excede os 25 m
33	Envolvido em dragagem ou operações submarinas
34	Envolvido em operações de mergulho
35	Envolvido em operações militares
36	A Velejar
37	Embarcação de Recreio
38	Reservado para uso futuro
39	Reservado para uso futuro

Tabela A1.4 – Identificadores de Outros Tipos de Embarcações

Identificador	Classificação de Tipos de Embarcações Especiais
50	Embarcação de Pilotos
51	Embarcação de Busca e Salvamento
52	Rebocador
53	Lancha Portuária
54	Embarcações com Equipamentos Anti Poluição
55	Polícia Marítima
56	Sem uso – para ser usado para designações locais
57	Sem uso – para ser usado para designações locais
58	Transporte Médico (segundo a Convenção de Genebra de 1949 e Protocolos Adicionais)
59	Navios de acordo com a Resolução nº 18 (Mob-83)

Tabela A1.5 – Identificadores de Embarcações Especiais



	Total de Bits	Bits	Distância (m)
A	9	Bit 21 – Bit 29	0 – 511; 511=511m ou maior
B	9	Bit 12 – Bit 20	0 – 511; 511=511m ou maior
C	6	Bit 6 – Bit 11	0 – 63; 63=63m ou maior
D	6	Bit 0 – Bit 5	0 – 63; 63=63m ou maior

Ponto de Referência de Posição não disponível, mas dimensões do navio disponíveis: A = C = 0 e B ≠ 0 e D ≠ 0.

Nem Ponto de Referência de Posição nem dimensões do navio disponíveis: A = B = C = D = 0 (*default*)

Figura A1.1 – Ponto de Referência de Posição e Dimensões do Navio

Referências

International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities IALA Guideline No. 1028 On The Automatic Identification System (AIS) Vol.1 Part I - Operational Issues. - December 2004.

International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities IALA Technical Clarifications On Recommendation ITU-R M.1371 Edition 1.5.